
Juan de Dios Rivera

Consultor independiente

Miembro Centro de Energía UC

[***jrivera@ing.puc.cl***](mailto:jrivera@ing.puc.cl)

Seguridad y regulación del hidrógeno en minería

12 de mayo de 2020

Presentación posible gracias a:



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

Centro UC
Energía

Unidad de Tecnologías del
Hidrógeno Combustible

CORFO



giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Reflexiones sobre seguridad y
normas para el hidrógeno en
minería

... *subterránea*

Contenido

1. Peligros del hidrógeno



2. Mitigación de los peligros



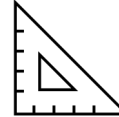
3. Normas internacionales - minería abierta



4. Normas internacionales - minería subterránea



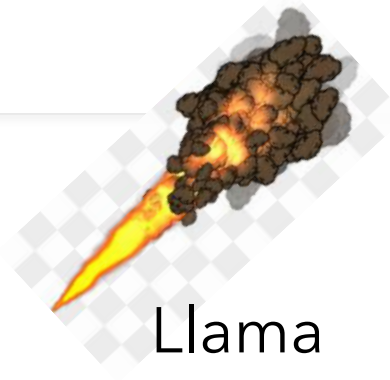
5. Desarrollo de normas



6. Conclusiones

Peligros del hidrógeno

- Gas inflamable



Bola de fuego



Explosión

- Gas a presión



Explosión

- Fluido criogénico



- Quemaduras de piel
- Condensación de aire

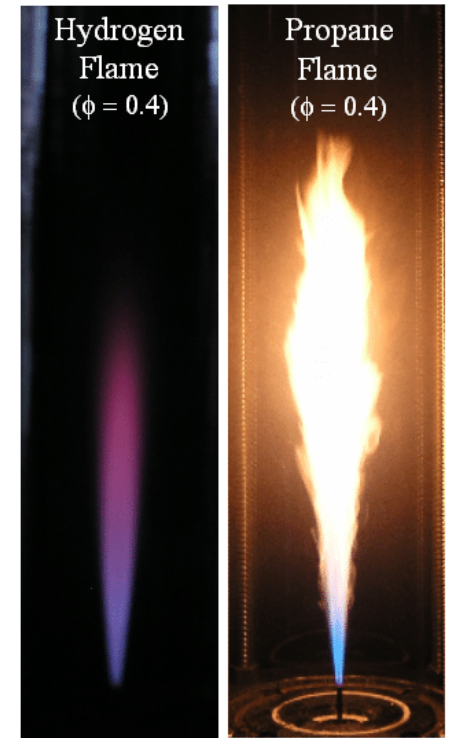
Peligros del hidrógeno

Ventajas

- Baja densidad
- Alta difusividad

Inconvenientes

- Difícil de confinar
- Amplios límites de inflamación
- Baja energía de encendido
- Alta velocidad de llama
- Llama poco visible
- Fragiliza algunos materiales



Mitigación de los peligros

- Prevenir descargas no deseadas
- Ventilar
- Suprimir fuentes de encendido
- Sectorizar y excluir – distancias de seguridad
- Mitigar incendios y explosiones
- Detectar hidrógeno/fuego
- Proteger de peligros externos – distancias, barreras
- Factor humano: operación, mantención, capacitación

Normas

Normas internacionales - minería abierta

Ambiente de trabajo: espacios abiertos, buena ventilación natural
.... pero agresivo

Normas: existen para la mayoría de las aplicaciones



- **NFPA 2**
- **ISO**
- **IEC**
- SAE
- CSA
- EIGA/CGA
- ASME

Normas internacionales - minería subterránea

- Espacios confinados y estrechos
- Puede haber sectores con ventilación deficiente
- NO hay normas aplicables a túneles
- Tránsito de vehículos a hidrógeno en túneles no está resuelto (no hay regulaciones)

Hay que hacer nuevas normas



Desarrollo de normas

- Investigación y desarrollo público-privado-académico
- Participación en comité ISO/TC 197 *Hydrogen Technologies*
- Uso de Análisis de Riesgo Cuantitativo – enfoque preferido para nuevas normas
- Discusión de “riesgo aceptable”



Desarrollo de normas

Análisis de riesgo cuantitativo

- Riesgo = combinación de frecuencia esperada y consecuencia de los accidentes
- Indicador de riesgo = $\sum (frecuencia \cdot consecuencia)_i$



Conclusiones

- Normas permiten tener riesgos "*aceptables*"
- Riesgo depende más de la tecnología (respetar normas) que de la sustancia
- Estamos acostumbrados a los combustibles convencionales, no al hidrógeno
- Hay que desarrollar normas para uso del hidrógeno en minería subterránea



Fin

Juan de Dios Rivera

Consultor independiente

Miembro Centro de Energía UC

[***jrivera@ing.puc.cl***](mailto:jrivera@ing.puc.cl)