



# Seguridad Tecnologías del Hidrógeno

## Curso Postgrado **URUGUAY**

**3CAP-2024**

**3**

**STANDARDS**

[aprea.infovia@gmail.com](mailto:aprea.infovia@gmail.com)

**Safety**  
Hydrogen Technologies



FACULTAD DE  
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

**José Luis APREA**

FEBRERO 2024



# Seguridad Tecnologías del Hidrógeno

## Curso Postgrado **URUGUAY**

**CAP-2024**

**SEGURIDAD H2**

[aprea.infovia@gmail.com](mailto:aprea.infovia@gmail.com)

**Safety**  
Hydrogen Technologies



FACULTAD DE  
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

**José Luis APREA**

FEBRERO 2024



Comisión Nacional  
de Energía Atómica

# Seguridad Tecnologías del Hidrógeno

La reproducción total o parcial de este curso exige que se citen las fuentes

## IMPORTANTE

Este curso fue preparado por el autor con fines educativos para contribuir a la formación de los interesados y no otorga ninguna garantía, expresa o implícita, ni asume ninguna responsabilidad legal por la exactitud, integridad o utilidad de cualquier información, aparato, producto o proceso divulgado, o declara que su uso no infringiría los derechos de propiedad privada. La referencia en este documento a cualquier producto, proceso o servicio comercial específico por nombre comercial, marca comercial, fabricante o de otro modo no constituye ni implica necesariamente su respaldo, recomendación o favorecimiento por parte del autor o de las instituciones citadas. Ninguna afirmación debe ser considerada como una recomendación comercial ni compromiso por parte del autor. El análisis del presente Informe, sus resultados e implicancias revisten el carácter de sugerencias técnicas especializadas ante un requerimiento específico. No representan compromiso para el autor o las instituciones a las cuales este pertenece, ni relevan a la firma, organismo o consorcio convocante de las responsabilidades legales en materia de seguridad de las instalaciones y de las personas.

**Safety**  
Hydrogen Technologies



FACULTAD DE  
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

**José Luis APREA**

FEBRERO 2024

# OBJETIVOS

- 1 Obtener a través de la capacitación el conocimiento básico de los procesos de producción del hidrógeno y sus aplicaciones
- 2 Identificar el hidrógeno y sus propiedades, especialmente las relacionadas con la seguridad, para poder reconocer los principales riesgos y asegurar la prevención de los mismos.
- 3 Brindar los conocimientos necesarios para considerar los aspectos de seguridad en diferentes tipos de proyectos de investigación y desarrollo.
- 4 Conocer las principales normas relacionadas con el hidrógeno e ilustrar mediante el estudio de casos y recomendaciones los aspectos y medidas de seguridad que deben contemplarse en la operación de sistemas del hidrógeno y en su eventual diseño.



# Seguridad Tecnologías del Hidrógeno

# SEGURIDAD

## CAP-01

1. INTRODUCCIÓN - MÉTODOS DE PRODUCCIÓN - DEMANDA
2. REFORMADO - ELECTRÓLISIS - OTROS MÉTODOS
3. APLICACIONES - TENDENCIAS

## CAP-02

1. INTRODUCCIÓN - PROPIEDADES. IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTO
2. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS - EXPLOSIÓN Y DETONACIÓN
3. PÉRDIDAS Y SISTEMAS DE DETECCIÓN

## CAP-03

1. ASPECTOS NORMATIVOS - NORMAS DE CALIDAD - ISO 14687
2. ASPECTOS NORMATIVOS - NORMAS DE SEGURIDAD - ISO TR 15916
3. OTROS DOCUMENTOS NORMATIVOS

## CAP-04

1. ANÁLISIS DE CASOS PRÁCTICOS. GUÍAS DE DISEÑO Y RECOMENDACIONES
2. INCIDENTES - ANÁLISIS DE RIESGOS Y PREVENCIÓN DE ACCIDENTES
3. CONCLUSIONES - Q & A





# Seguridad Tecnologías del Hidrógeno

## Curso Postgrado **URUGUAY**

**3CAP-2024**

**3**

**STANDARDS**

[aprea.infovia@gmail.com](mailto:aprea.infovia@gmail.com)

**Safety**  
Hydrogen Technologies



FACULTAD DE  
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

**José Luis APREA**  
FEBRERO 2024

# FACTS

El **calentamiento global** motorizado por los **gases de efecto invernadero** (GEI) genera el cambio climático en nuestro planeta con consecuencias devastadoras.

Las energías limpias renovables, como solar y eólica, juegan un rol preponderante para alcanzar los objetivos de **reducción de GEI** requeridos por los acuerdos internacionales.

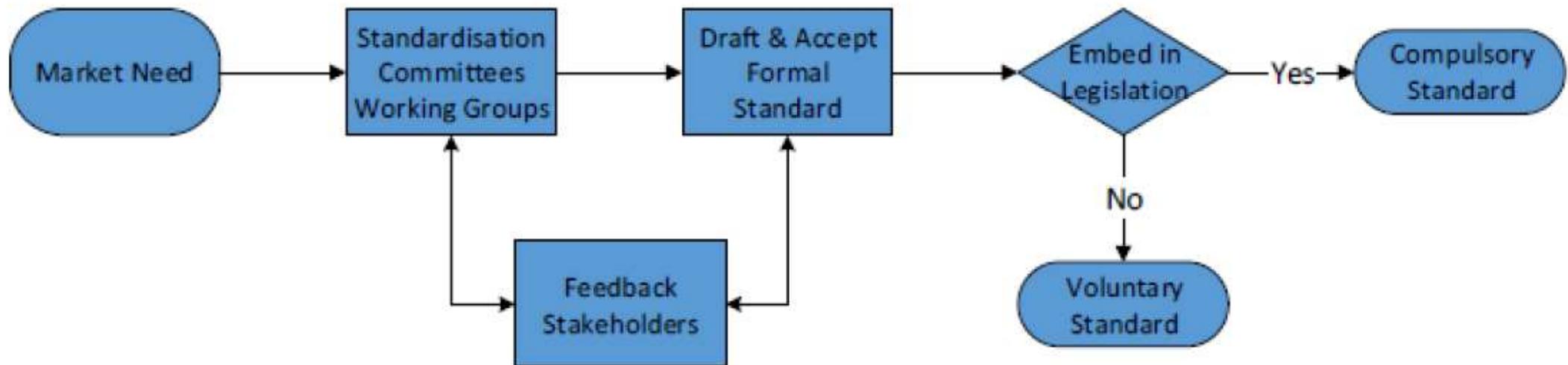
Las **energías renovables** (ER) por su naturaleza intermitente presentan limitaciones al suministro continuo de energía, y requieren ser complementadas con vectores energéticos.

El **hidrógeno verde** puede jugar un rol fundamental permitiendo desarrollar capacidades de almacenamiento en reserva y disponibilidad de energía limpia.

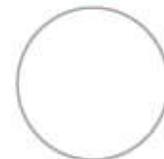
El éxito de cualquiera de estas nuevas tecnologías depende de un **manejo y uso seguro** junto con **normas y regulaciones** que agilicen el comercio internacional y no interpongan barreras al mismo.

# STANDARDS - NORMAS

## Proceso de creación e implementación formal



# PALETA DE COLORES

<b>Verde</b>		<b>Electrólisis + ER</b>
<b>Rosa</b>		<b>Electrólisis agua + Nuclear</b>
<b>Azul</b>		<b>Reforming hidrocarburos + CCS</b>
<b>Gris</b>		<b>Reforming Hidrocarburos</b>
<b>Amarillo</b>		<b>Electrólisis agua + Solar</b>
<b>Marrón</b>		<b>A partir del lignito</b>
<b>Turquesa</b>		<b>Pirólisis de metano</b>
<b>Blanco</b>		<b>Hidrógeno Natural</b>



**El hidrógeno GRIS es producido en todo el mundo principalmente a partir del reformado de gas natural u otros hidrocarburos con emisión de carbono**



**El hidrógeno AZUL puede producirse por reformado de gas natural y captura de CO2 o mediante electrólisis usando fuentes no renovables**



**El hidrógeno VERDE se genera a partir de la electrólisis del agua usando energía eléctrica proveniente de fuentes renovables como viento o sol**

# Hidrógeno Verde

APREA 2022

## “Hidrógeno verde”

es el hidrógeno obtenido de fuentes renovables de energía que adicionalmente cumple con el criterio de “Hidrógeno bajo en carbono”

Según CertifHy

‘Energía de fuentes renovables’ o ‘energía renovable’ significa energía a partir de fuentes no fósiles, específicamente eólica, solar (térmica y fotovoltaica) y energía geotérmica, de mareas, de olas y otras energías oceánicas, hidráulica, biomasa, gas de rellenos, gas de plantas de tratamiento de gases residuales, y biogás.

Directiva de Energía Renovable de la Comunidad Europea - 2018

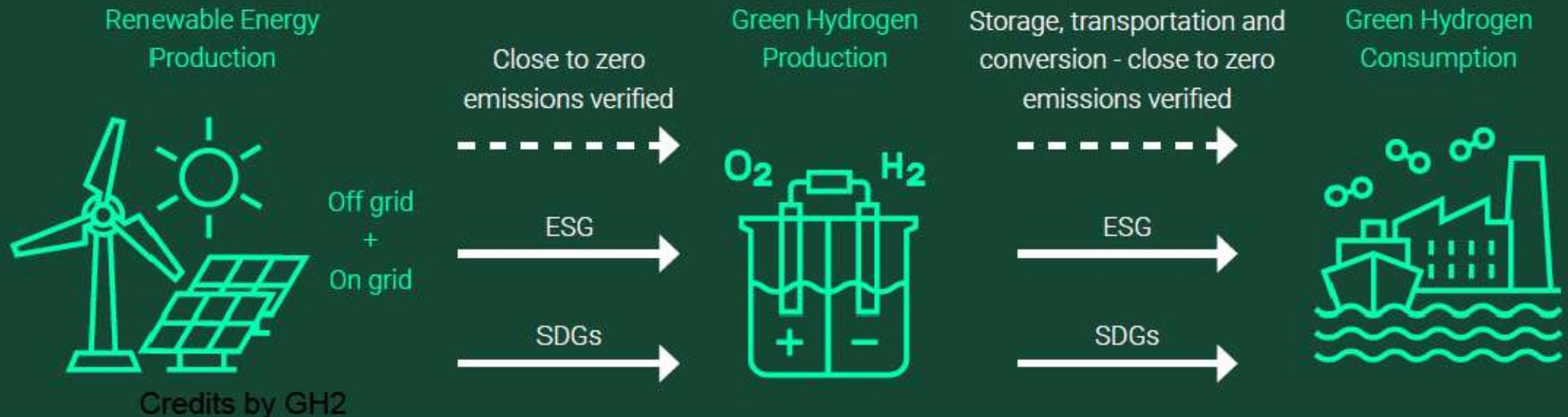
Hidrógeno bajo en carbono es hidrógeno de un lote de producción que tiene una huella de gases de efecto invernadero (GEI) igual o inferior a un límite especificado. El límite especificado es hoy de 36,4 g CO<sub>2</sub>eq/MJ, lo que representa una reducción del 60 % en comparación con el proceso de referencia.

# Hidrógeno Verde

APREA 2022

El estándar de hidrógeno verde de GH2 tiene tres criterios:

- 1** Contabilidad rigurosa de las emisiones de gases de efecto invernadero, garantizando emisiones cercanas a cero
- 2** Desempeño ambiental, social y de gobernanza
- 3** El impacto en el desarrollo: desempeño de los ODS



# Hidrógeno Verde

APREA 2022

## NORMALIZACIÓN

### Alineación de estándares y objetivos

La composición del gas, y el contenido de hidrógeno en particular, deben armonizarse entre los países vecinos para facilitar el comercio transfronterizo. Será necesario crear estándares internacionales para la operación y diseño de barcos y otras instalaciones necesarias para transportar hidrógeno verde y productos relacionados. Esos estándares deben incluir criterios de sostenibilidad, estándares de seguridad operativa, requisitos de integridad de tuberías y recipientes, especificaciones de calidad de combustible y estándares de compatibilidad de electrodomésticos. Sin duda, si se están considerando objetivos combinados, alinearlos entre países facilitará el comercio.

# Normalización ISO TC 197

## OBJETIVOS

### ESPECÍFICOS

Garantizar seguridad al implementar normas consensuadas para minimizar riesgos evitables a las personas y bienes a un nivel aceptable.

Eliminar barreras al comercio internacional y simplificar el arduo proceso regulatorio con normas específicas de hidrógeno que permitan una pronta implementación de las tecnologías emergentes.

Controlar la variedad al permitir la selección del número y tipos óptimos de productos, procesos y servicios para cumplir con las necesidades.

Armonizar métodos de ensayo y criterios de calidad para el uso del hidrógeno en todas sus formas.

Asegurar protección del medio ambiente de un daño inaceptable debido a la operación y efectos de los productos, procesos y servicios ligados al hidrógeno

# Comité Técnico ISO TC 197



Actualmente el TC 197 de ISO cubre en su alcance la Normalización en el campo de los sistemas y dispositivos para la producción, almacenaje, transporte, medida y utilización del hidrógeno existiendo una serie de 18 grupos de trabajo activos a nivel global.

Secretariado: SCC (Standard Council Canada)

## **Países miembros Participantes: 34**

Alemania, Argentina, Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Canadá, Chile, China, Dinamarca, Emiratos Árabes Unidos, España, Estados Unidos de América, Federación Rusa, Francia, Finlandia, Hungría, Países Bajos, India, Irlanda, Italia, Japón, Marruecos, Noruega, Nueva Zelanda, República Checa, República de Corea, Reino Unido, Rumania, Saudi Arabia, Sudáfrica, Ucrania, Suiza y Suecia

## **Países miembros Observadores: 18**

Bulgaria, Colombia, Chipre, Egipto, Estonia, Hong Kong, Israel, Kasajistán, Luxemburgo, Omán, Perú, Polonia, Portugal, República Islámica de Irán, Serbia, Sri Lanka, Tailandia y Turquía

**En Argentina la normalización es cubierta por IRAM**





# OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE





# OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

El Comité Técnico ISO TC 197 contribuye con los siguientes ODS

**6** AGUA LIMPIA  
Y SANEAMIENTO 

**11** CIUDADES Y  
COMUNIDADES  
SOSTENIBLES 

**7** ENERGÍA ASEQUIBLE  
Y NO CONTAMINANTE 

**12** PRODUCCIÓN  
Y CONSUMO  
RESPONSABLES 

**9** INDUSTRIA,  
INNOVACIÓN E  
INFRAESTRUCTURA 

**13** ACCIÓN  
POR EL CLIMA 

# H2 STANDARDS

- ISO Technical Committee 197 “Hydrogen Technologies”**
- ISO TC 22, SC 21 “Electric Road Vehicles”**
- ISO Technical Committee 58 “Gas cylinders”**
- ISO Technical Committee 220 “Cryogenic vessels”**
  
- The International Electrotechnical Commission (IEC)**  
**Series on “Fuel Cells”**
  
- The USA National Fire Protection Association (NFPA)**  
**Standards on Hydrogen and safety**
  
- The USA Society of Automotive Engineers (SAE)**  
**Standards on hydrogen, fuel cells and stations**
  
- The European Industrial Gas Association (EIGA)**  
**IGC Documents on Hydrogen**
  
- The Compressed Gas Association (CGA)**  
**Documents on Hydrogen**
  
- The American Society of Mechanical Engineers (ASME)**  
**Standards on hydrogen and fuel cells and Codes**

**IRAM**

**ISO**

**IEC**

**NFPA**

**SAE**

**EIGA**

**CGA**

**ASME**

# Normas Selectas ISO TC 197

<b>Documento</b>	<b>Título</b>
<b>ISO 14687:2019</b>	Hydrogen fuel Quality – Product Specification
<b>ISO 15916:2015</b>	Basic considerations for the safety of hydrogen systems
<b>ISO/19880-1:2020</b>	Gaseous hydrogen – Fuelling stations – Part 1: General requirements
<b>ISO 26142: 2010</b>	Hydrogen detection apparatus – Stationary applications
<b>ISO 22734:2019</b>	Hydrogen generators using water electrolysis — Industrial, commercial, and residential applications

# ISO 14687:2019

## Calidad de Combustible Hidrógeno Especificación de producto

**Generalmente el hidrógeno se ha comercializado por mucho tiempo siguiendo cada fabricante sus propias reglas y especificaciones dando lugar a confusiones en cuanto a su calidad. Por ello esta norma define los diferentes tipos y grados para cada una de las aplicaciones del hidrógeno, los parámetros que definen su calidad y los métodos de análisis para su monitoreo.**

**Esta norma internacional especifica las características mínimas de calidad del combustible hidrógeno tal como es distribuido o generado localmente para su utilización vehicular o estacionaria.**

# ESPECIFICACIONES DE CALIDAD

La especificación del Hidrógeno a producir estará de acuerdo al tipo de aplicación en la cual habrá de ser usado y deberá seguir las normas de calidad correspondientes. Por ejemplo puede estar destinado a celdas de combustible, motores de combustión interna, uso industrial, para sistemas de soporte terrestre o diversas otras aplicaciones.

## Especificación de Hidrógeno según ISO 14687

La norma define distintas calidades de hidrógeno en función de las aplicaciones definidas en el documento normativo

# ISO 14687

LA NORMA ARGENTINA IRAM-ISO 14687 FUE PUBLICADA EN MARZO DE 2023

# Tipos de hidrógeno combustible y sus aplicaciones

## NEW ISO 14687

Fuel	Tipo	Gr.	Aplicaciones	Pureza	
<b>Gaseoso</b>	I	A	Toda aplicación para el transporte con ICEs y enseres p/ uso residencial/comercial (calderas, cocinas, etc.)	98,0	
	I	B	Combustible industrial para uso en generación de potencia o como fuente de calor, excepto fuel cells	99,90	
	I	C	Sistemas de soporte en tierra de aeronaves y vehículos espaciales, excepto fuel cells	99,995	
	I	D	Celdas de combustible para vehículos	99,97	
	I	E	Celdas de combustible estacionarias	Categoría 1 – High Eff / Low Power	50,0
				Categoría 2 – High Efficiency Apps	50,0
Categoría 3 – High Eff / High Power				99,9	
<b>Líquido</b>	II	C	Sistemas de propulsión de a bordo de aeronaves y vehículos espaciales y requerimientos de energía eléctrica y vehículos terrestres, excepto fuel cells	99,995	
	II	D	Celdas de combustible para el transporte	99,97	
<b>Slush</b>	III		Sistemas de propulsión de a bordo de aeronaves y vehículos espaciales	99,995	

APREA - 2021

La pureza está expresada como fracción molar mínima (Total Hydrogen Index)

Especificación de Hidrógeno según ISO 14687

## Niveles de impurezas en diferentes tipos de hidrógeno

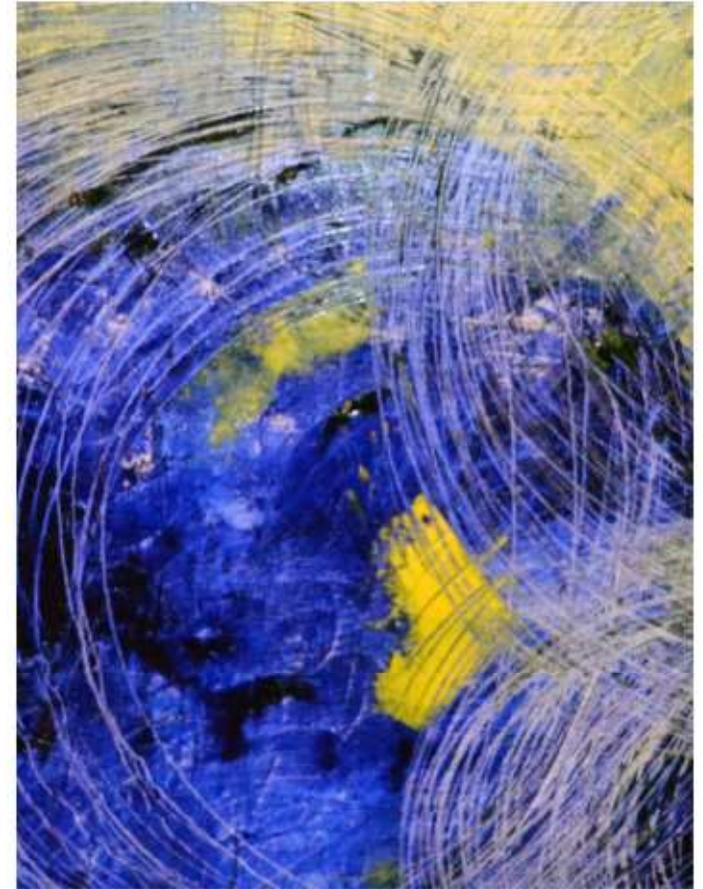
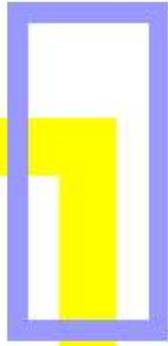
Características	Tipo I	
	Grado E Categoría 1	Grado D
Hydrogen fuel index (Fracción molar mínima)	50 %	99,97 %
Otros gases (Fracción molar máxima)	50 %	0,03%
<b>Componentes individuales</b>		VALORES EN REVISION
Hidrocarburos Totales	10 µmol/mol	2 µmol/mol
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	200 µmol/mol	5 µmol/mol
N <sub>2</sub> , Ar, He	50 %	300 µmol/mol
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	-	2 µmol/mol
Monóxido de carbono (CO)	10 µmol/mol	0,2 µmol/mol
Compuestos de azufre	0,004 µmol/mol	0,004 µmol/mol
Formaldehído (HCHO)	3,0 µmol/mol	0,2 µmol/mol
Ácido fórmico (HCOOH)	10 µmol/mol	0,2 µmol/mol
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )	0,1 µmol/mol	0,1 µmol/mol
Compuestos halogenados	0,05 µmol/mol	0,05 µmol/mol
Agua (H <sub>2</sub> O)	No Cond.	5 µmol/mol
Concentración Particulados – Máx. Diámetro	1 mg/kg – 75 µm	1 mg/kg – 75 µm



## Técnicas de detección de contaminantes

<b>ACRO</b>	<b>Método de análisis</b>	<b>Especies</b>
<b>GC</b>	<b>Gas Chromatography</b>	<b>CO - Hc</b>
<b>IR</b>	<b>Infra Red</b>	<b>NH<sub>3</sub></b>
<b>CRDS</b>	<b>Cavity ring-down spectroscopy</b>	<b>CO</b>
<b>GC-PHID</b>	<b>GC with Pulsed Helium ionization detection</b>	<b>S</b>
<b>GC-SCD</b>	<b>GC with Sulfur Chemiluminescence Detection</b>	<b>S</b>
<b>IC</b>	<b>Ion-exchange chromatography</b>	<b>S</b>
<b>FTIR</b>	<b>Fourier Transform Infra Red</b>	<b>CO</b>
<b>TDLAS</b>	<b>Tunable diode laser absorption spectroscopy</b>	<b>Halógenos</b>

# ALGUNAS CONCLUSIONES



**La Norma ISO 14687 define las diferentes calidades y especificaciones del hidrógeno según aplicaciones**

**La especificación de especies contaminantes está en proceso de revisión continua en ISO y en IRAM**



# ISO TR 15916:2015

## Consideraciones Básicas para la Seguridad de los Sistemas de Hidrógeno

### ISO TR 15916: 2015 Technical Report

TECHNICAL  
REPORT

ISO/TR  
15916

REVISION  
2015

---

Basic considerations for the  
safety of hydrogen systems

*Considérations fondamentales pour la sécurité des  
systèmes à l'hydrogène*



Reference number  
ISO/TR 15916: 2004 (E)

2015

Este reporte técnico proporciona guías para el uso del hidrógeno en sus formas gaseosa y líquida. Identifica asuntos de seguridad básica y riesgos, y describe las propiedades del hidrógeno que son relevantes para la seguridad.

**Up Date: 2022**

**Idioma: Inglés**



IRAM – ISO/TR 15916

# Origen

## Consideraciones Básicas para la Seguridad de los Sistemas de Hidrógeno

### ISO TR 15916 Technical Report

**Versión Actual: 2015**

**Revisión en Curso: 2022/2023**

Este reporte técnico proporciona guías para el uso del hidrógeno en sus formas gaseosa y líquida. Identifica asuntos de seguridad básica y riesgos, y describe las propiedades del hidrógeno que son relevantes para la seguridad.

Versión Original 2004  
Int. Convener: Ulrich Schmidtchen  
Local Convener: José Luis Aprea

TECHNICAL  
REPORT

ISO/TR  
15916

First Edition  
2004-02-15

---

Basic considerations for the  
safety of hydrogen systems

*Considérations fondamentales pour la sécurité des  
systèmes à l'hydrogène*

Última Revisión: 2015



Reference number  
ISO/TR 15916 : 2004 (E)

© ISO 2004

# Propiedades s/IRAM-ISO 15916

**Límites de inflamabilidad**  
**4,0 - 75 % en Vol**



**IRAM – ISO 15916**

IDIOMA: ESPAÑOL

**Mezcla estequiométrica**  
**29,5 % en Vol**

**Tabla B.2 — Propiedades de combustión e ignición para mezclas con aire a 25 °C y 101,3 kPa para varios combustibles comunes**

Combustible	Límite inferior de inflamabilidad % en Vol.	Mezcla estequiométrica % en Vol.	Límite superior de inflamabilidad % en Vol.	Energía mínima de ignición mJ	Temperatura de auto-ignición K	Velocidad de quemado laminar m/s
<b>Hidrógeno (H<sub>2</sub>)</b>	4	29,5	75	0,017	858	2,70
<b>Metanol (CH<sub>3</sub>OH)</b>	6,0	12,3	36,5	0,174	658	0,48
<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	5,3	9,5	17,0	0,274	810	0,37
<b>Propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)</b>	1,7	4,0	10,9	0,240	723	0,47
<b>Nafta (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>)</b>	1,0	1,9	6,0	0,240	488	0,30

NOTA: Los datos en la Tabla 2 no son propiedades físicas bien definidas pero están determinados de acuerdo a ciertos procedimientos normalizados. Por lo tanto tales datos sirven sólo para la comparación entre gases inflamables comunes. No es conveniente, ni recomendable que sean simplemente adoptados para el diseño de instalaciones o componentes, o para la definición de requerimientos de seguridad.

<sup>a</sup> Los valores están dados para el Octano; la nafta puede tener una composición diferente dependiendo de las fuentes de producción.

**Energía Mínima de Autoignición: 0,017 mJ**

**Temperatura de Autoignición: 585 °C**

**La elevada velocidad de avance del frente de llama debido a la rápida cinética y a la alta difusividad del hidrógeno acelerará la combustión pudiendo hacerse turbulenta y conducir a la deflagración. Sin embargo puede observarse que los límites inferiores de detonación de otros combustibles distintos del H<sub>2</sub> si bien son menos amplios, muestran que el riesgo de detonación se inicia a concentraciones más bajas.**

# Laboratorios



BAM LABORATORIES

# Plantas Demostrativas



PICO TRUNCADO PLANT

# Cultura de Seguridad

---

La seguridad debe ser tenida en cuenta en todas las fases, pero debe ponerse especial énfasis en aquellas que tienen lugar en los siguientes sitios:

**Los automóviles**

**Los garages**

**Las estaciones de servicio**

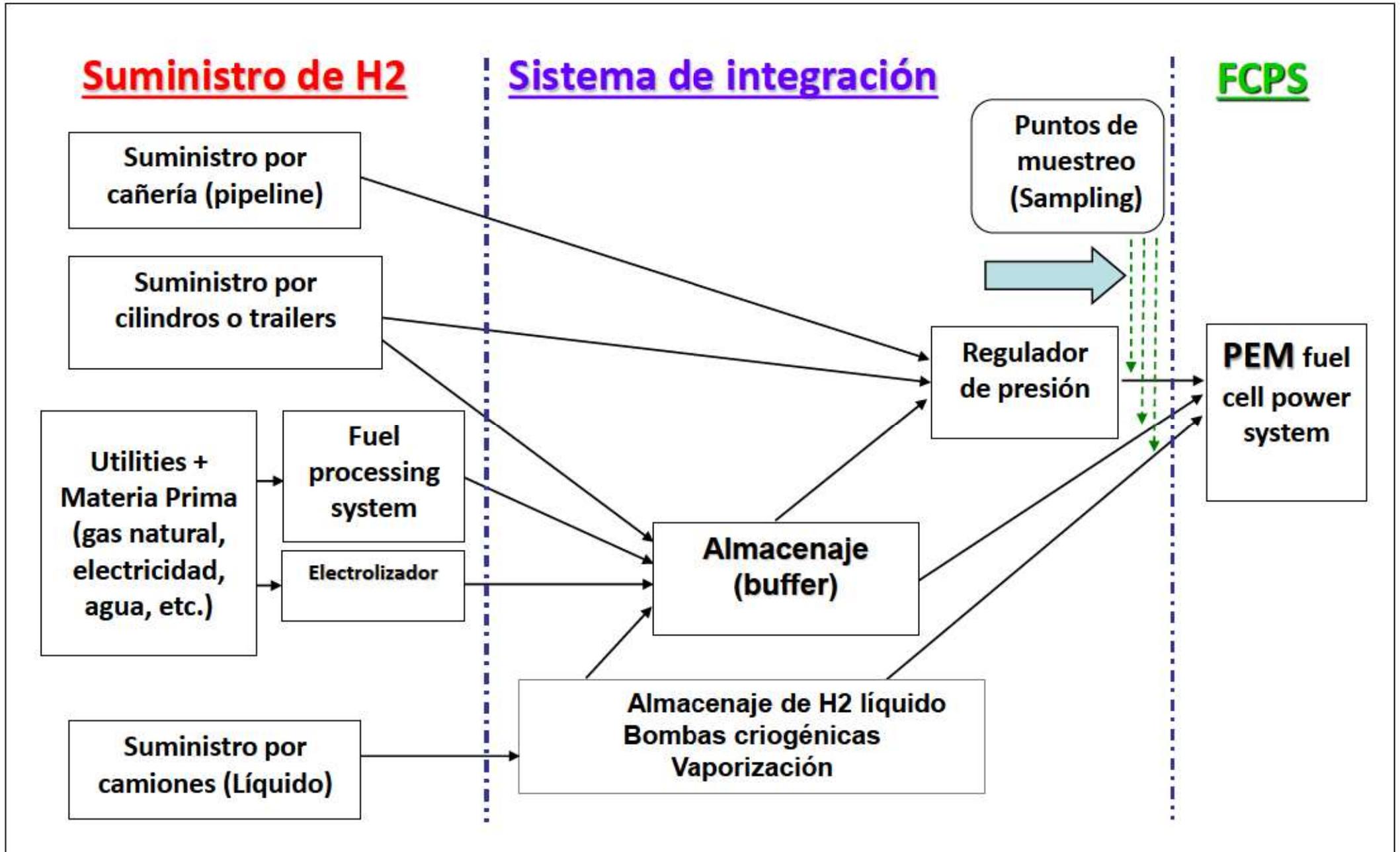
**Los sitios de ensayo**

**Los talleres de reparación**



Existe un récord excelente en las operaciones que involucran hidrógeno por parte de personal especializado. Si se extiende al usuario común, la cultura de seguridad es también un deber prioritario.

# Abastecimiento para sistemas de Fuel Cells



# Formas del Hidrógeno

Las necesidades de normalización para toda la cadena de valor del hidrógeno, desde la producción, distribución, transporte y almacenamiento hasta las aplicaciones de uso final consideran al H<sub>2</sub> como un vector de energía disponible en las siguientes formas:

Hidrógeno Líquido

Hidrógeno Gaseoso o puro (100% H<sub>2</sub>)

Hidrógeno – Gas Natural (H<sub>2</sub>NG), H<sub>2</sub> blends

Líquido Orgánico Carrier de Hidrógeno (LOHC)

Líquido Inorgánico Carrier de Hidrógeno (LHC)

Amoníaco (NH<sub>3</sub>)

Metanol (CH<sub>3</sub>OH)

OxiHidrógeno (HHO)

Otros

# Requerimientos futuros

## TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO

### NORMALIZACIÓN

Se estima necesario el desarrollo de estándares internacionales para el **almacenamiento de hidrógeno a bordo de vehículos (350 bar, 500 bar, 700 bar, líquido, LOHC)** y la integración segura de los sistemas de propulsión de hidrógeno y almacenamiento de hidrógeno a bordo como así también para la **infraestructura** y los procesos de reabastecimiento de combustible. en el **transporte por rutas y ferroviario** para proporcionar el marco necesario.

Se requieren normas con especificaciones técnicas con una solución unificada para puntos de carga de hidrógeno que dispensan **hidrógeno comprimido (gaseoso) para vehículos pesados**.

En el ámbito ferroviario, el principal desafío es adaptar el marco normativo para la **autorización de material rodante a trenes con subsistemas de propulsión de hidrógeno**. Sin embargo, esto requiere un referencial normativo completo, maduro y probado en uso, que debe ser desarrollado y la adaptación de otras normas relevantes que no consideraron este tipo de tecnología de propulsión.

## Nuevas fronteras en la normalización internacional

**En los tiempos por venir el hidrógeno afectará las economías del mundo de manera horizontal y ello requiere un claro esfuerzo regulatorio que cubrirá numerosas nuevas áreas:**

- **Energías renovables - Balance Almacenaje/Red**
- **P2G / P2H / P2X - Calidad de combustible - Distribución**
- **Mercados residenciales: Cooking & Heat**
- **Garantía de Origen H<sub>2</sub> - Certificación de esquemas**
- **Transporte: Ferroviario - Marítimo - Aéreo. Minería**
- **Métodos de ensayo componentes / Sistemas multienergía**
- **Contabilidad de GEI en producción H<sub>2</sub> - Otras tecnologías**

# ALGUNAS CONCLUSIONES



**El uso del Hidrógeno requiere el cumplimiento de normas específicas y procedimientos de seguridad**

**ISO - IEC desarrollan esas normas a nivel internacional**

# GUÍA PARA DISEÑO DE INSTALACIONES

# Instalaciones eléctricas

- **Cuando corresponda las instalaciones deben clasificarse en áreas de riesgo de acuerdo a Standards reconocidos como IEC 60079-10 o NEC 70**
  - Class 1 - Group B, Division 1 (Zone 0 or Zone 1 IEC)
  - Class 1 - Group B, Division 2 (Zone 2)
- **Los dispositivos a instalar deben ser aprobados para trabajar en ambientes explosivos y contar con Certificación de Seguridad de CENELEC, CSA, Bassefa, FM, Inix, PTB-BVS ó IRAM equivalente.**

# GUÍA PARA DISEÑO DE INSTALACIONES

## Clasificación de áreas

Las áreas se clasifican en base a la frecuencia de ocurrencia y la duración de una atmósfera de gas explosiva:

0

Zona 0: incluye todos los lugares en los que una mezcla explosiva, bajo la forma de un gas, vapor o niebla está presente en forma continua, por largos períodos o frecuentemente.

1

Zona 1: incluye todos los lugares en los que una mezcla explosiva, bajo la forma de un gas, vapor o niebla puede estar presente en forma ocasional durante la operación normal.

2

Zona 2: incluye todos los lugares en los que una mezcla explosiva, no está presente durante la operación normal pero, si ocurre, persistirá sólo durante un período corto (Tiempo total que incluye la duración del escape más el tiempo que toma a la atmósfera explosiva dispersarse después que la pérdida cesó)

Ruptura accidental o avería del recipiente de contención), o sistemas donde las concentraciones inflamables se evitan mediante ventilación mecánica positiva (activa), o sistemas adyacentes a Clase I/Div. 1 lugares donde los vapores pueden migrar (NEC)

# Clasificación de áreas

## DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE CADA UNA DE LAS LIBERACIONES DE GASES

IEC 60079-10

### DIMENSIONAMIENTO DE ÁREAS

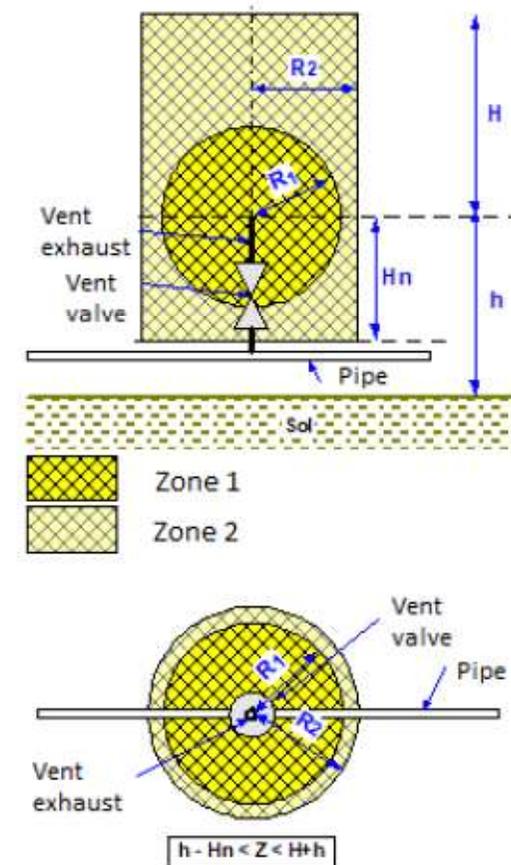
Características de la liberación asociada al equipo  
(basado en estándares y retroalimentación)

Método utilizado para dimensionar el área peligrosa  
(supuestos, referencia estándar, etc.)

Forma del área y clasificación (esfera, cilindro, etc.)

Extensión del área dependiendo de

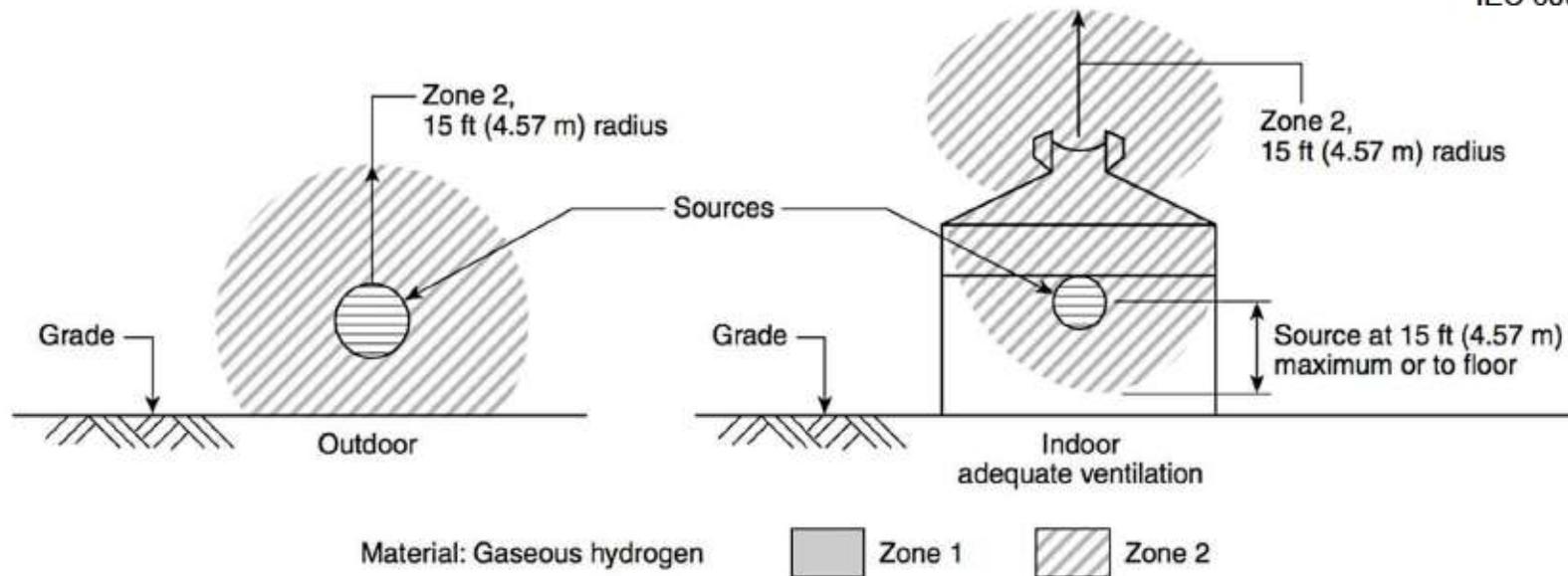
- Velocidad de flujo
- Presión
- Diámetro
- Velocidad del viento
- Otros parámetros relevantes



# GUÍA PARA DISEÑO DE INSTALACIONES

## Clasificación de áreas

IEC 60079-10



- El hidrógeno se clasifica como un gas del Grupo B. -
- La temperatura de autoignición del hidrógeno es de 585°C (1085°F).

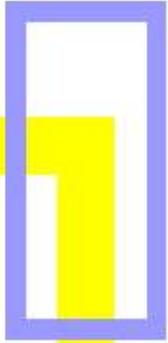
De debe determinar para cada recinto considerado:

I. Grado de Escape de la Fuente	Continuo	Primario	Secundario
II. Disponibilidad de la Ventilación	Buena	Aceptable	Pobre
III. Grado de la Ventilación	Alta	Media	Baja



De la Norma se obtiene la clasificación del área

# ALGUNAS CONCLUSIONES



**Si existen posibilidades de que el hidrógeno esté presente en ciertos ambientes, puede corresponder su clasificación**

**Las instalaciones en cada área deben ser aprobadas**

**IRAM – ISO / TR 15916 (ISO TR 15916)****Consideraciones básicas para la seguridad en los sistemas de hidrógeno**

*Instituto IRAM, Perú 550, Buenos Aires. ARGENTINA. – 2004 / (2015)*

**ISO TR 15916:2015****Basic Considerations for the Safety of Hydrogen Systems****ISO 14687:2019****Gaseous Hydrogen - Fuel Product Specification****MSDS Hidrógeno comprimido**

Hoja de datos de seguridad del material

*AAH - 2015*

**MSDS Hydrogen Compressed Gas**

Hoja de datos de seguridad del material

*Air Products*

## **FDS Hidrogeno-2020 - Linde Uruguay**

HDSP P-4604 – Rev. 5.0

*Linde Montevideo - Uruguay*

## **Global Hydrogen Review**

International Energy Agency

2023

## **Green Hydrogen Roadmap in Uruguay**

MIEM 2022 - INTERINSTITUTIONAL GROUP

BID Support



# Seguridad Tecnologías del Hidrógeno

Curso Postgrado  
**URUGUAY**

**FIN**

**3CAP-2024**

**3**

**STANDARDS**

[aprea.infovia@gmail.com](mailto:aprea.infovia@gmail.com)

**Safety**  
Hydrogen Technologies



FACULTAD DE  
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

**José Luis APREA**  
FEBRERO 2024

# NOTAS

**N**