



Potencial de usos no energéticos para el Hidrógeno verde

Avances en la Hoja de Ruta de Hidrógeno y derivados

Preparado para:



**Uruguay
Presidencia**



auci
AGENCIA URUGUAYA
DE COOPERACIÓN
INTERNACIONAL



Iniciativa Facilidad de Desarrollo en Transición

Objetivos

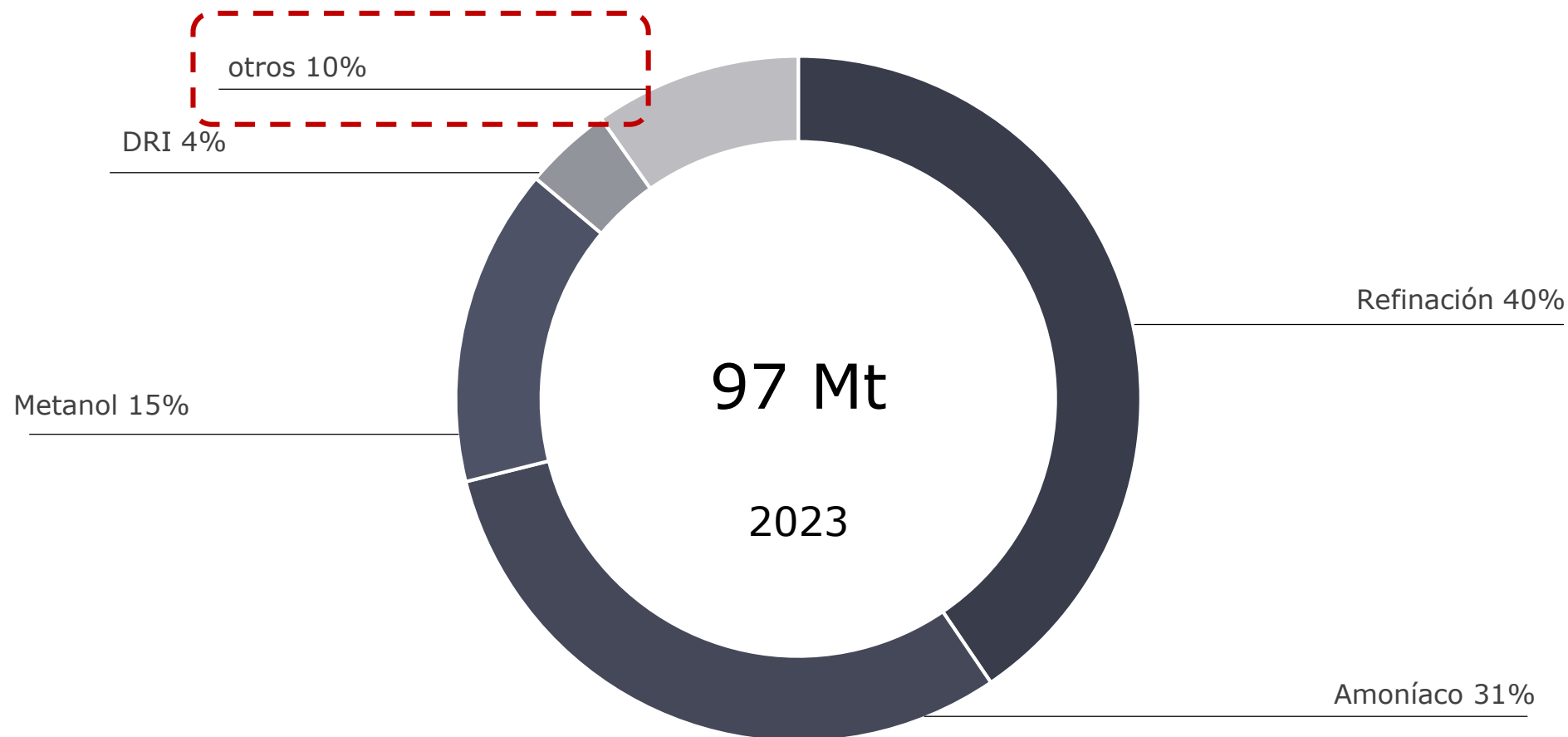
El objetivo fue evaluar la viabilidad del uso del Hidrógeno Verde y sus derivados como **insumo no energético** en el sector **industrial** de Uruguay.

El estudio buscó identificar alternativas para la descarbonización de la economía local y el potencial de desarrollo de nuevos sectores impulsados por la industria del Hidrógeno Verde y sus derivados.

Este estudio, fue realizado para el Ministerio de Industria, Energía y Minería del Uruguay bajo el programa H2U y en el marco de la Iniciativa Facilidad de Desarrollo en Transición del Fondo Bilateral AUCI-UE, con el apoyo de la cooperación de la Unión Europea.

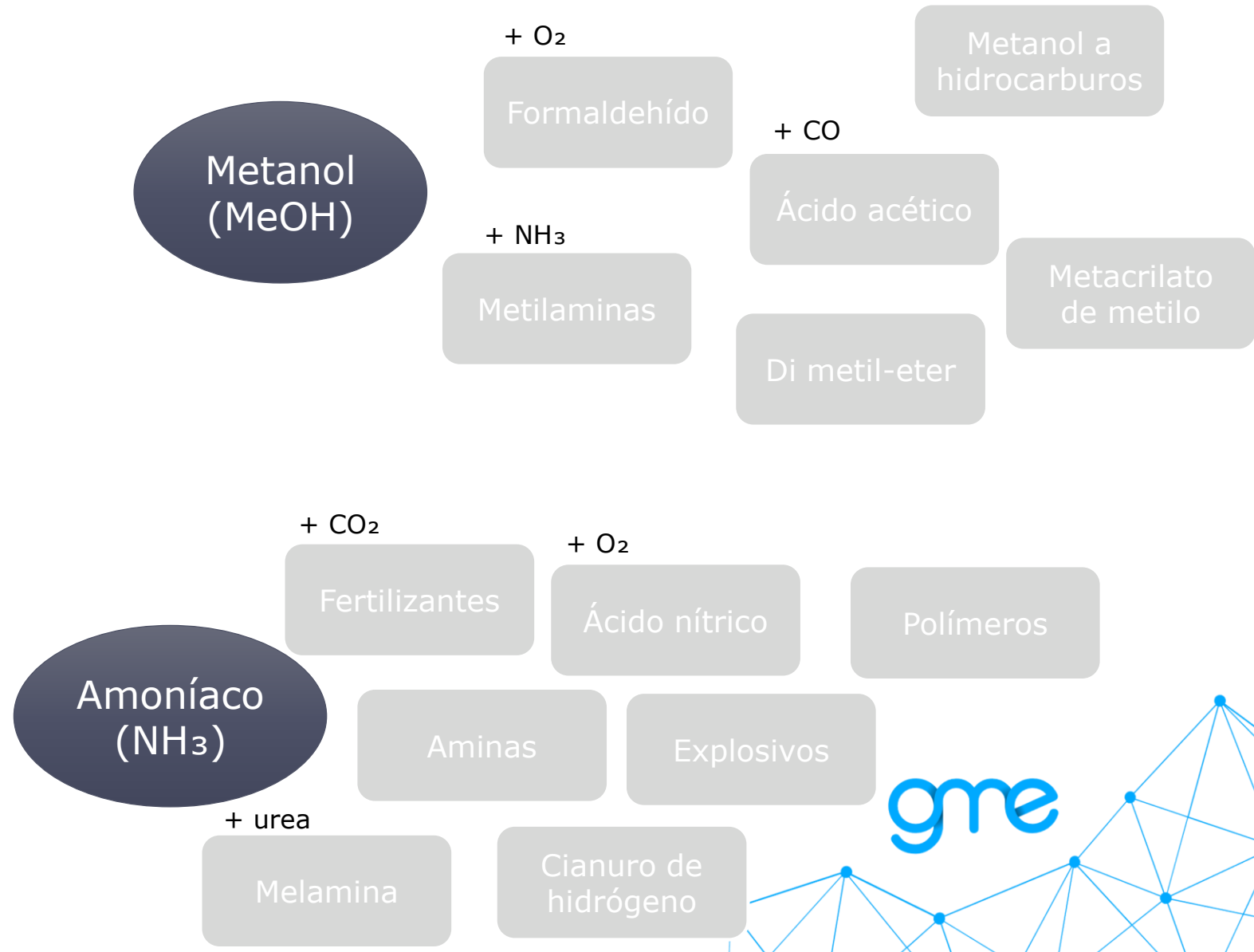
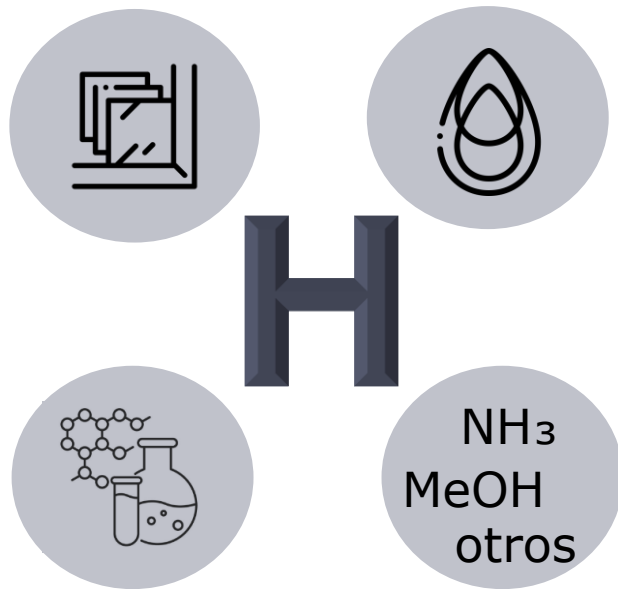


Uso de H2 a nivel global



Fuente: Global Hydrogen review 2024

Aplicaciones no energéticas del hidrógeno y sus derivados



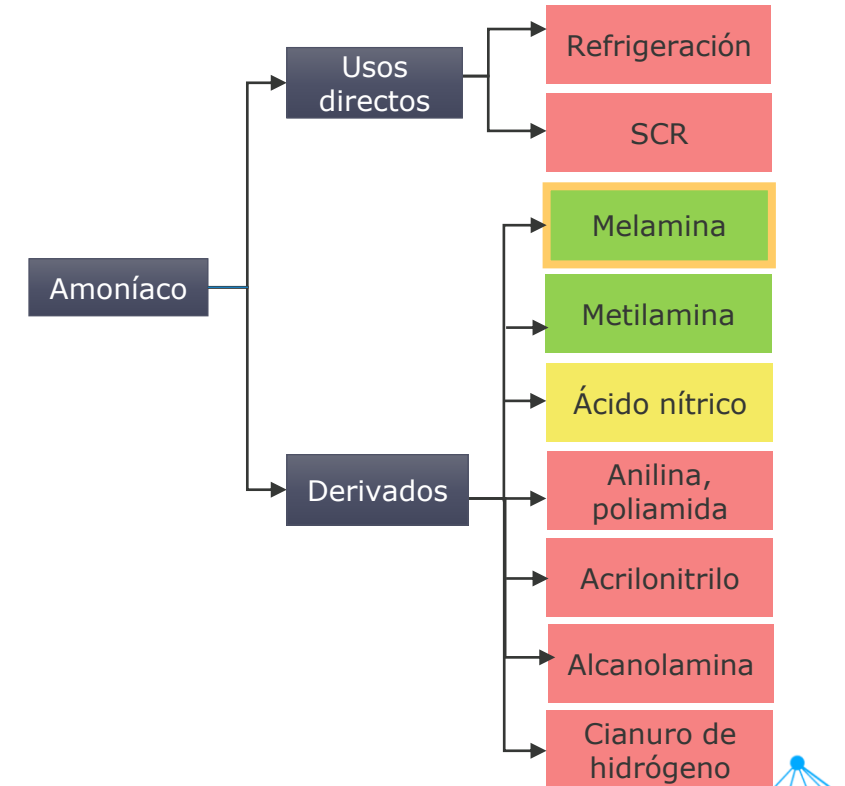
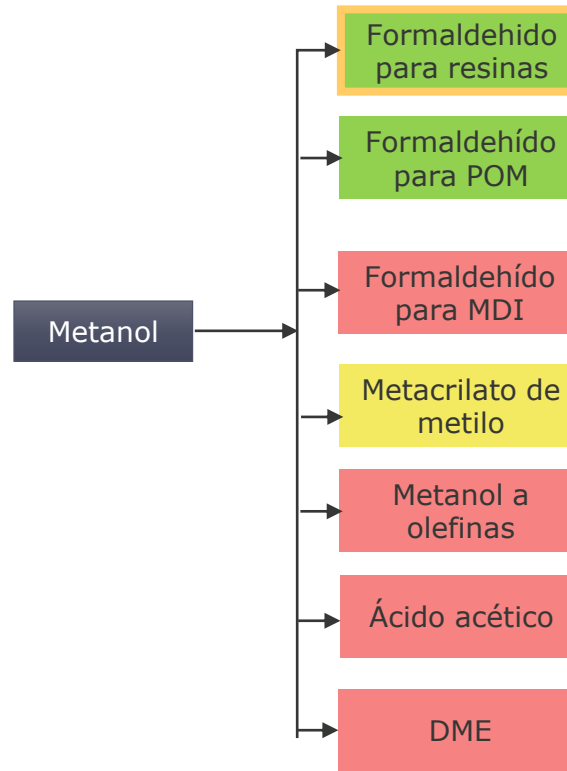
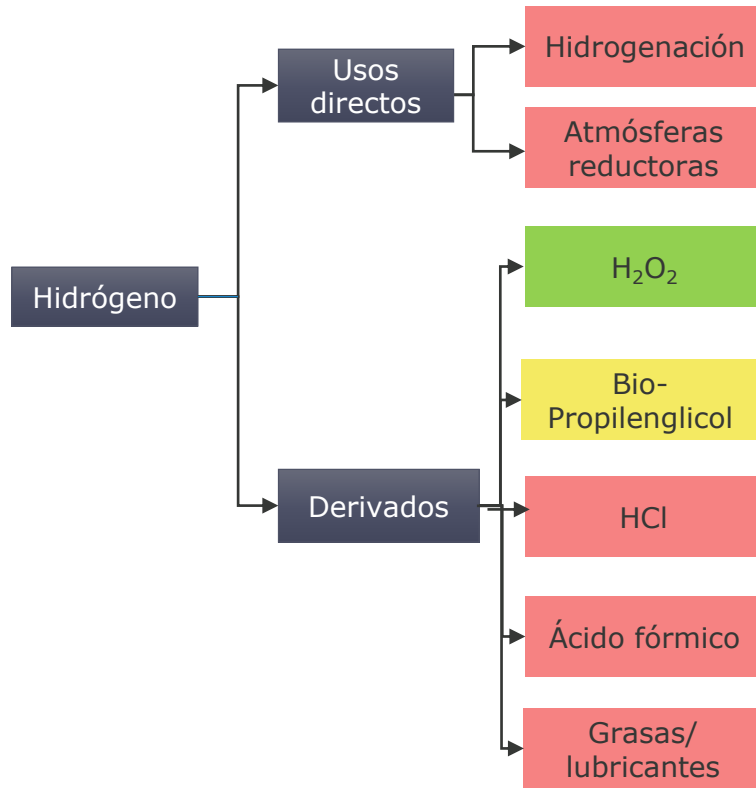
Usos más prometedores para Uruguay

Principales criterios de selección

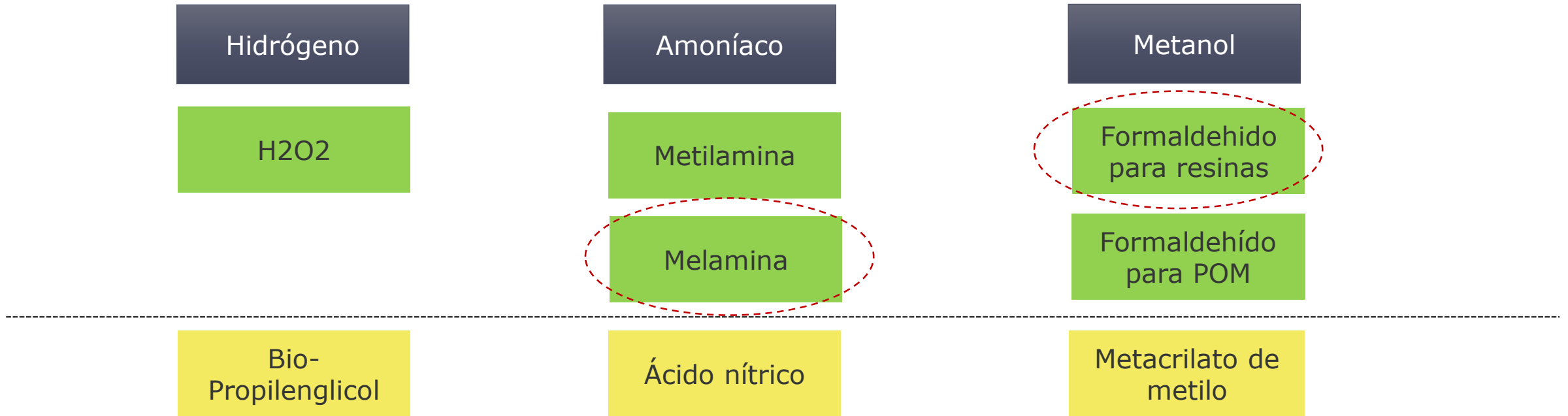
- **Materias primas** necesarias para su producción, considerando su disponibilidad en Uruguay.
- Si requiere o no de **insumos fósiles**.
- Si el producto final es un **commodity** o se trata de un producto con mayor valor agregado
- Nivel de madurez de la tecnología de producción - **TRL**.
- Restricciones debido a **toxicidad o peligrosidad** del producto final.
- **Demanda** a nivel global y doméstico. Rutas al mercado.
- **Usos** finales y aplicaciones.



Usos más prometedores para Uruguay



Usos más prometedores para Uruguay



Casos de estudio : Formaldehído para resinas

Usos y mercado

- Para producir las resinas UF se genera como intermediario el concentrado Urea Formaldehído (UFC).
- El concentrado de urea formaldehído (UFC) es un material transparente y viscoso que contiene 60% de formaldehído, 25% de urea y 15% de agua.
- Se utiliza principalmente en la producción de resinas termoestables y en diversos productos orgánicos y agrícolas.
- El UFC 85 se utiliza como materia prima en la fabricación de resinas industriales para la producción de muebles, la carpintería, como agente antiapelmazante para el fertilizante de urea para evitar la formación de grumos.



Casos de estudio : Formaldehído para resinas

Usos y mercado

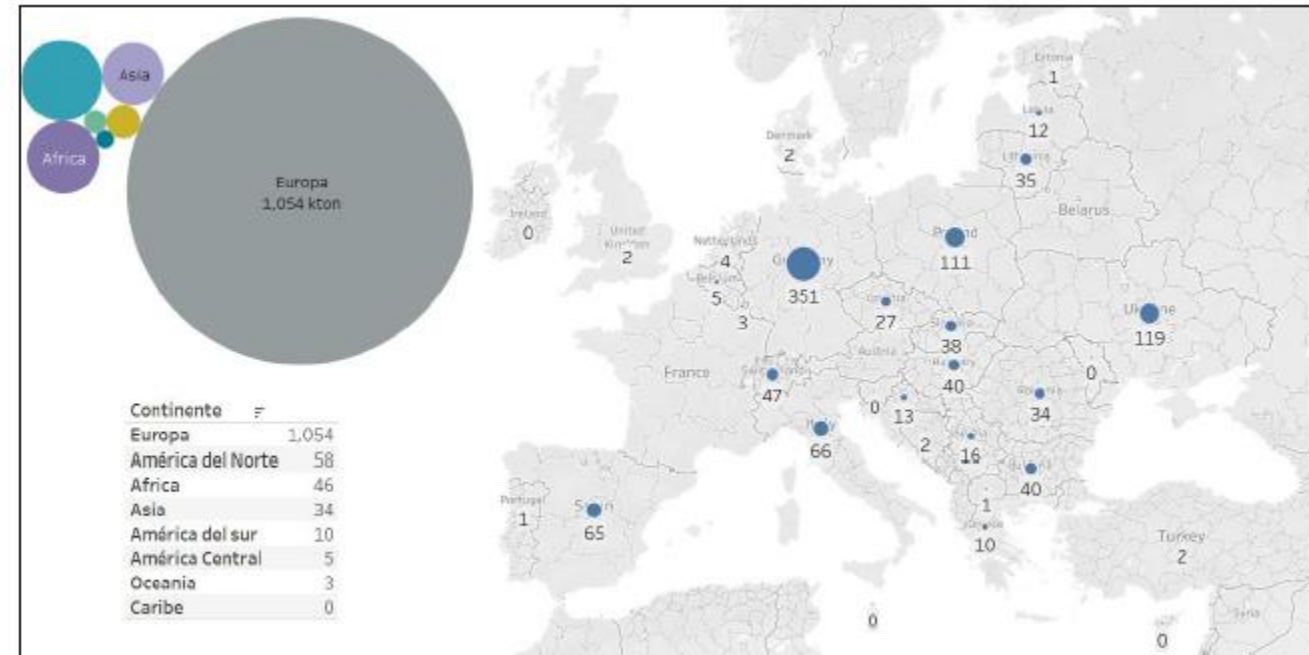
Mercado global en expansion

Creciente demanda de productos elaborados con madera contrachapada, tableros de partículas y adhesivos, así como el aumento de las aplicaciones en las industrias de la construcción y muebles

El comercio ocurre entre países vecinos, probablemente por la reducida estabilidad y la poca duración de la resina cuando se almacena

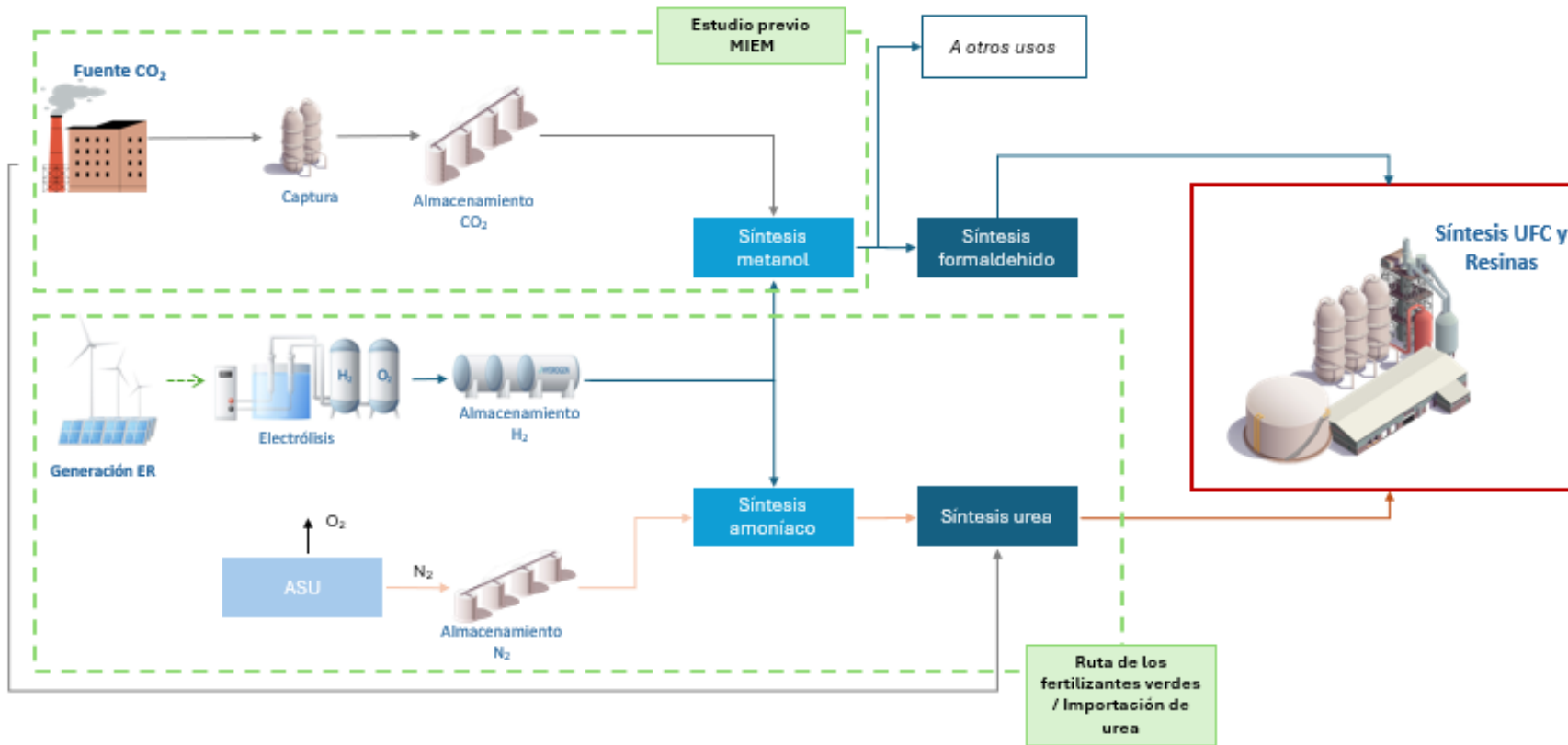
Exportación de las resinas intercontinentalmente parecen reducidas, debido a sus propiedades fisicoquímicas y estabilidad. No sucede lo mismo con el UFC 85 el cual presenta ventajas para ser transportado a largas distancias.

En el **mercado regional**, se destacan Argentina, Brasil y Paraguay.



Casos de estudio : Formaldehído para resinas

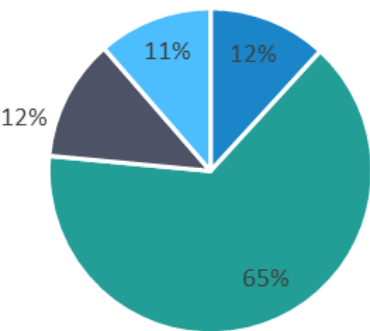
Escala de producción y dimensionamiento de la planta



- Se planteó una producción de 6,100 ta de UFC 85 y 2,000 ta de R-UF.
- Además, se verificó que plantas de las dimensiones establecidas han sido reportadas en la literatura abierta.
- Tecnología tipo FORMOX.
- Dimensionamiento de equipos principales, balance de masa y energía.

Casos de estudio : Formaldehído para resinas

Desglose de costos



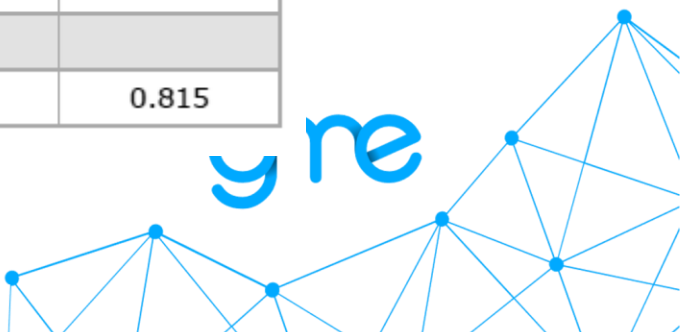
- Inversiones
- Costo urea
- Costo metanol verde
- Otros OPEX

Suponiendo que se emplea e-metanol combinado con urea gris, las estimaciones del costo nivelado de producción de UFC 85 sugieren que podría situarse dentro del rango superior de las referencias de precios internacionales para el producto convencional

Ahorro de emisiones

Materias primas del proceso	Consumo en el proceso (ton/año)	Emisiones de las materias primas tonCO ₂ eq/ton MP	Ahorro de emisiones	
			tonCO ₂ eq/año	tonCO ₂ eq/ton UFC85
Metanol	4,882	0.8	3.905	0.558
Urea	2,471	0.73	1,804	
Metanol + Urea			5,709	0.815

Ahorro de emisiones equivalente a aprox las emisiones de 1.240 autos/año.



Casos de estudio : Melamina

Usos y mercado

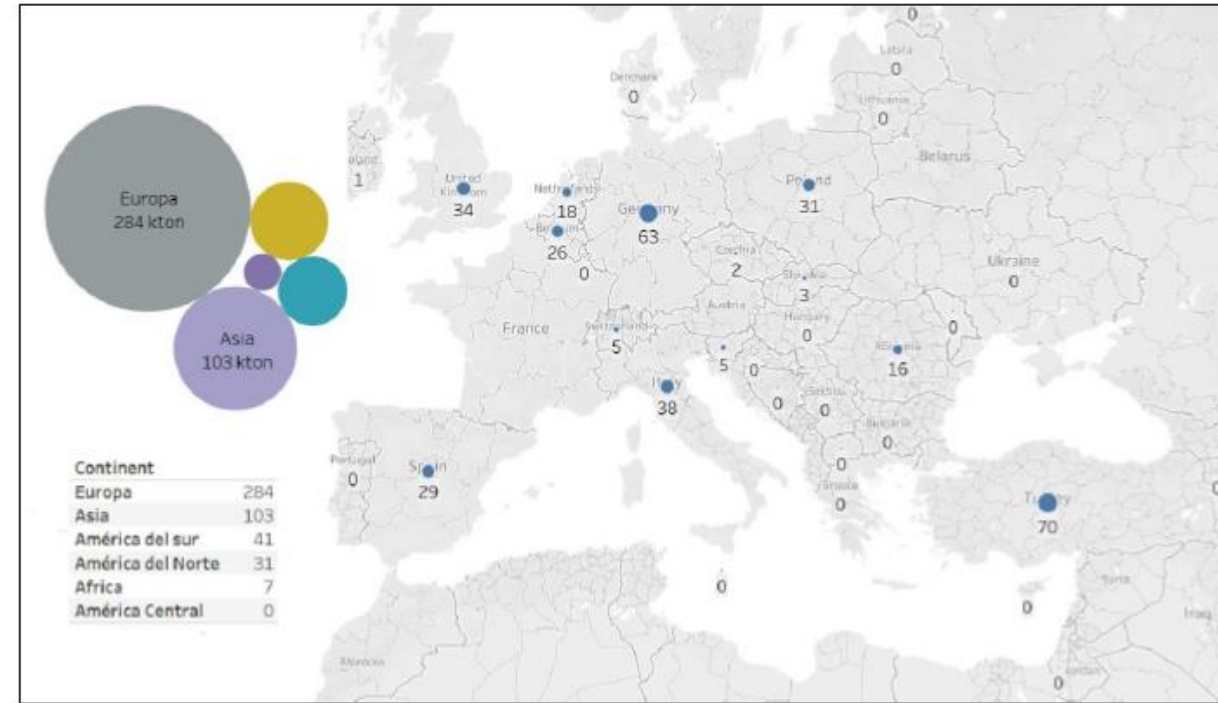
- La **melamina** ($C_3H_6N_6$) es un compuesto orgánico que se utiliza ampliamente en la industria para fabricar resinas de melamina-formaldehído.
- La melamina se obtiene a partir de urea y amoníaco.
- La demanda de melamina está fuertemente influenciada por las actividades de construcción y fabricación de automóviles
- En la fabricación de resinas sintéticas, la combinación de melamina con formaldehído produce resinas de melamina-formaldehído, las cuales son empleadas para crear productos plásticos termoendurecibles que son duraderos y resistentes al calor, como platos, tazones y utensilios de cocina



Casos de estudio : Melamina

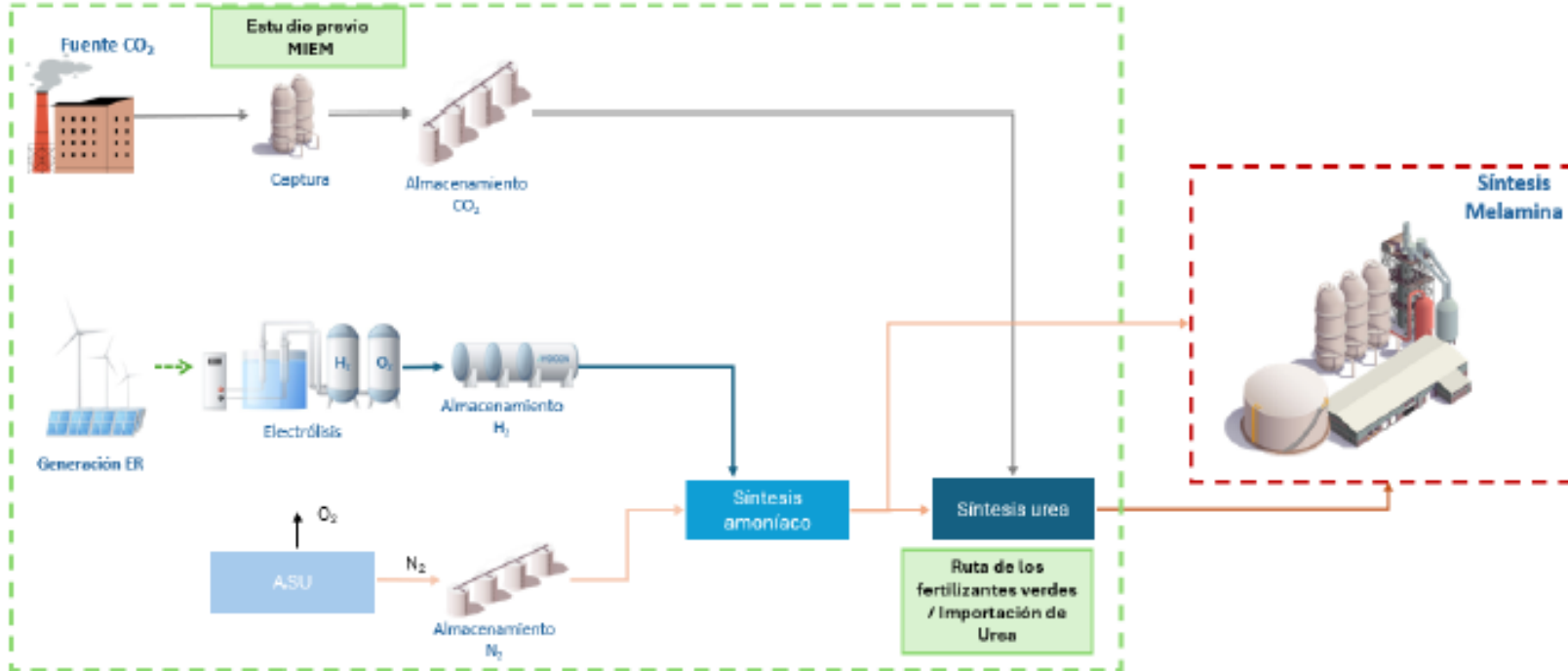
Usos y mercado

- **Mercado global:** Europa y Asia se consolidan como los principales destinos de estas exportaciones, con Alemania y Turquía a la cabeza respectivamente.
- China desempeña un papel crucial en el mercado global de la melamina debido a su significativa capacidad de producción, altos niveles de producción y gran importancia en el mercado exportador.
- En cuanto al **mercado regional**, se destacan los mercados de Brasil y Argentina.



Casos de estudio : Melamina

Escala de producción y dimensionamiento de la planta

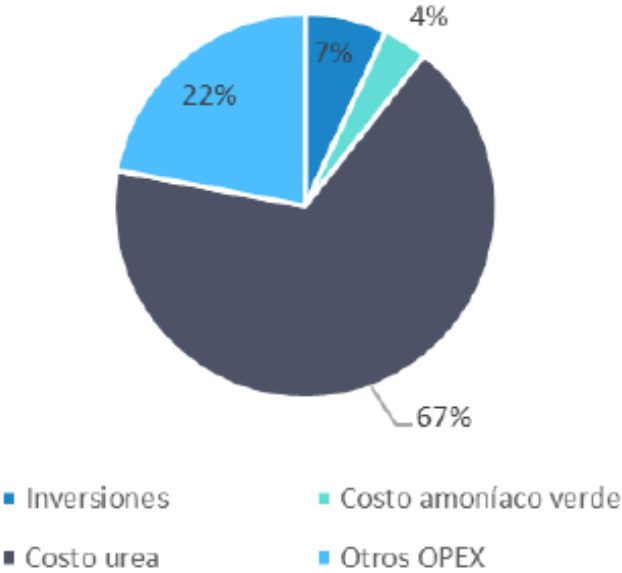


- Se planteó una producción de 25,600 ta de melamina. El volumen adoptado representa cerca del 5% del mercado global.
- La planta tomada como referencia utiliza tecnología de baja presión, más específicamente el proceso BASF.
- Es importante destacar que las plantas de producción de melamina se diseñan en forma integrada con una planta de producción de urea para poder aprovechar la corriente de gas residual de la planta de melamina que contiene NH₃+CO₂.



Casos de estudio : Melamina

Desglose de costos



El 67% del costo total se atribuye al costo de la urea verde; mientras que el costo operativo (OPEX) representa un 22%, principalmente por el alto consumo de energía eléctrica.

Considerando el NH3 y la urea de origen verde se alcanza un precio para la melamina ubicado en el rango superior de los precios actuales de la misma.

Ahorro de emisiones

Materias primas del proceso	Consumo en el proceso (ton/año)	Emisiones de las materias primas tonCO ₂ eq/ton MP	Ahorro de emisiones	
			tonCO ₂ eq/año	tonCO ₂ eq/ton melamina
Amoníaco	1,600	1.8	2,880	0.112
Urea	37,000	0.73	27,010	1.055
Gas Natural	3,615	2.74	9,916	0.387
Total			39,806	1.555

El ahorro de emisiones representa las emisiones de CO2 equivalentes de aproximadamente 6,500 autos/año.

Recomendaciones de políticas públicas



Propiciar acuerdos marco con países importadores. Los contratos de largo plazo con cierta garantía de precios son cruciales para viabilizar estos proyectos.



Priorizar aplicaciones y temporalidad. El desarrollo de la infraestructura de H₂ y sus derivados para la exportación exige el compromiso de grandes inversiones.



Facilitar la creación consorcios y asociaciones Uno de los mayores retos es la falta de un ecosistema maduro de proveedores de equipos, socios tecnológicos, inversores y compradores que puedan apoyar la toma de decisiones para nuevas inversiones.



Promover actividades de I&D y capacitación de recursos humanos. Nuevas calificaciones y nuevos servicios



Promover un Entorno Regulador y Político Favorable. normativas claras e incentivos a la innovación (Uruguay ya posee programas en este sentido donde podrían incluirse este tipo de emprendimientos).

gre





Muchas gracias

Julieta Rabinovich

New Energy Technologies Leader

jrabinovich@gme-global.com

Descarga del estudio



Evaluación del potencial de uso de Hidrógeno Verde y sus derivados en el sector industrial en Uruguay