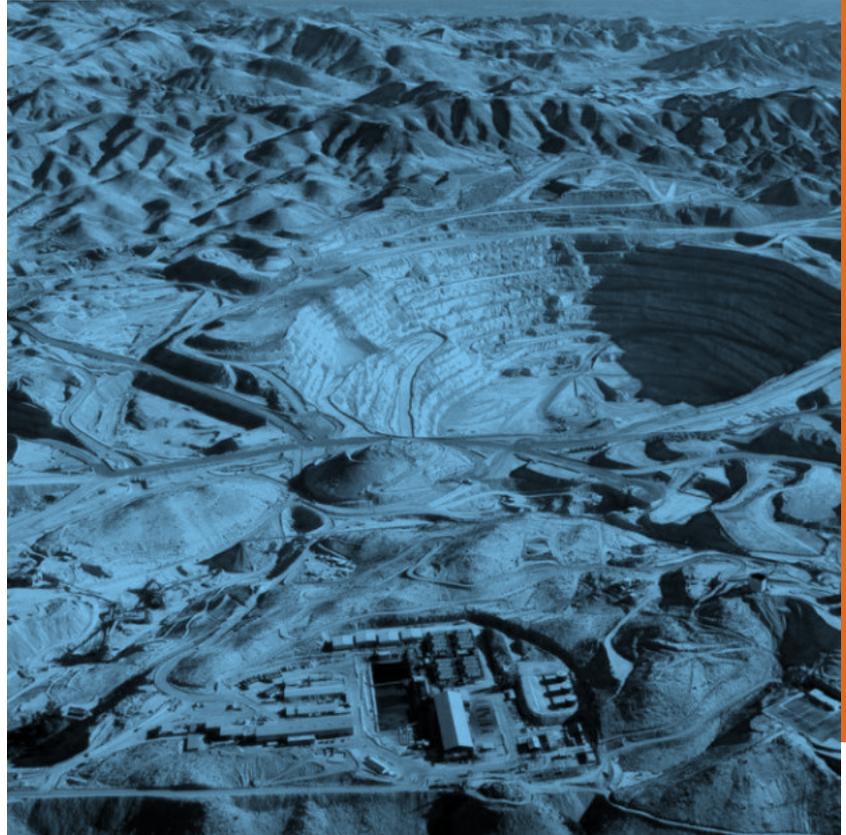




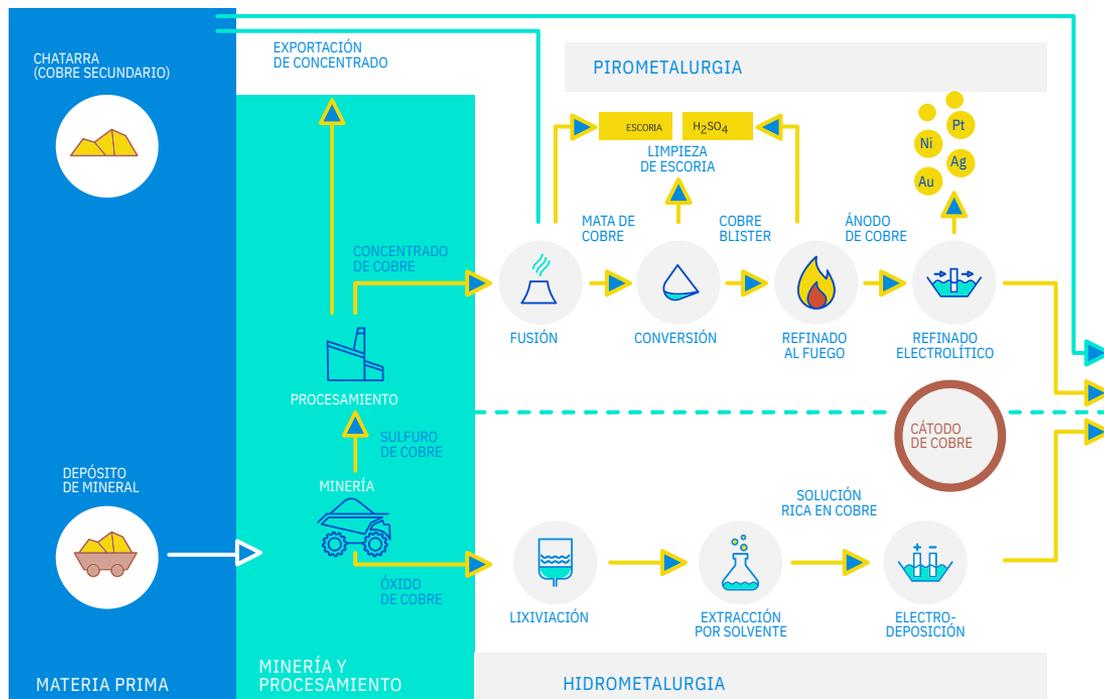
Universidad  
de Concepción

# *GREEN COPPER*

TECNOLOGÍA DE  
PROCESAMIENTO DE  
CONCENTRADOS DE COBRE  
CERO EMISIONES USANDO  
HIDRÓGENO VERDE



# PROBLEMA Y OPORTUNIDAD



- El proceso convencional de fusión/conversión, aún tiene importantes impactos ambientales (emisiones de SO<sub>2</sub>, arsénico y gran cantidad de escorias).

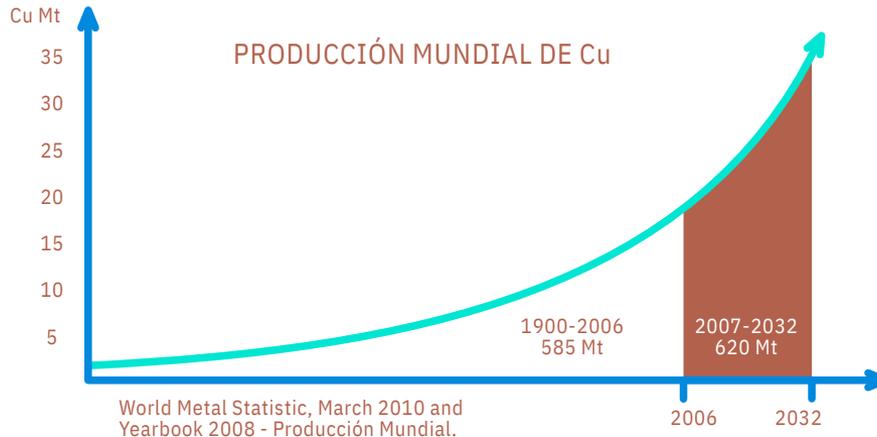
- Las tecnologías más modernas logran mejores eficiencias y mayor captura de SO<sub>2</sub>, pero aun generan 0.8 a 1.2 toneladas de escoria por tonelada de cobre blister generado.

- Al 2030 los concentrados de cobre representarán un 88% del total producido en Chile.

- La capacidad de fundición/refinación se mantendrá sin cambios.

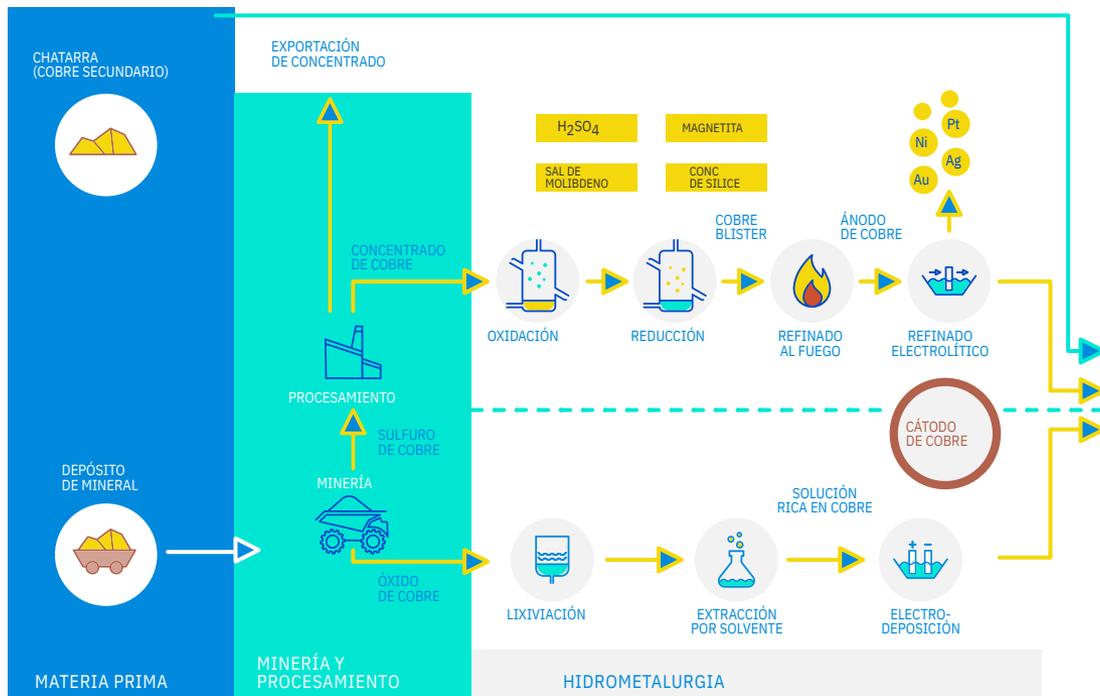
- Se aumentará la exportación de concentrados desde los 9,3 MMTon actuales a 16,6 MMTon (Cochilco, 2018).

# PROBLEMA Y OPORTUNIDAD



- La demanda mundial de cobre de “baja emisión” crecerá en unas 2-3 millones de toneladas anuales adicionales a 2040 (CESCO, CRU Group).
- En Chile poco más de 1/3 de los concentrados se procesan localmente en fundiciones y refinerías, las que enfrentan crecientes exigencias ambientales.
- Por su parte, las mineras que exportan los concentrados de cobre para fundir en el extranjero:
  - Enfrentan amenazas comerciales por las penalidades debido a impurezas como el arsénico u otros contaminantes.
  - Crecientes exigencias ambientales del transporte marítimo.
  - Presión de los mercados y la sociedad por la huella de carbono.

# TECNOLOGÍA GREEN COPPER UDEC



- El nuevo proceso es una tecnología disruptiva de oxidación-reducción que opera en fase sólido/gas a 800-850°C en reactores cerrados.
- El proceso logra un aprovechamiento completo del concentrado, generando subproductos comerciales, con cero escorias.
- Usa hidrógeno verde en la etapa de reducción y genera energía excedente.
- El proceso integra operaciones unitarias confirmadas (minimiza el riesgo tecnológico).
- Un extenso trabajo de laboratorio y semi-piloto previo avalan las hipótesis científicas de las principales etapas (TRL4-5).
- Se cuenta con una estimación de costos CLASE 3-4



# COMPETENCIA / VENTAJA COMPETITIVA DE LA SOLUCIÓN

## VENTAJAS ECONÓMICAS



- Se han evaluado 3 tamaños de plantas: 500 kTon/año, 1MMTon/año y 1,5MTon/año.

En todos los casos, la tecnología UdeC es competitiva en capex y opex con las tecnologías convencionales de fusión-conversión.

## VENTAJAS TÉCNICAS Y AMBIENTALES



- Captura de sobre el 99% de SO<sub>2</sub> y As.
- Recuperación sobre el 99% de cobre y sobre el 80% del molibdeno.
- Genera subproductos comerciales de hierro y sílice.
- Cero escorias.

# EQUIPO BASE DE PROYECTO:

INVESTIGADORES DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA METALÚRGICA



**IGOR WILKOMIRSKY**  
*Ingeniero Civil Químico*  
*M.Sc. Ing. Metalúrgica,*  
*Colorado School of*  
*Mines, USA*  
*Ph.D. Ing. Metalúrgica,*  
*U. de British Columbia,*  
*Canadá*

**Áreas de especialización:**

- Metalurgia Extractiva
- Diseño de procesos
- Diseño de reactores metalúrgicos
- Tecnologías del litio

3 patentes concedidas en los últimos 5 años, 1 en trámite. El profesor Wilkomirsky es el chileno con más patentes concedidas (+25).

\*Para ver patentes, revisa el siguiente enlace:  
[https://fi.udec.cl/wp-content/uploads/2019/01/Igor-Wilkomirsky\\_patentes-concedidas.pdf](https://fi.udec.cl/wp-content/uploads/2019/01/Igor-Wilkomirsky_patentes-concedidas.pdf)



**ROBERTO PARRA**  
*Ingeniero Civil*  
*Metalúrgico*  
*Universidad de*  
*Concepción*  
*Dr. en Ingeniería y*  
*Ciencia de Materiales,*  
*Institut Polytechnic de*  
*Grenoble, Francia*

**Áreas de especialización:**

- Físicoquímica de Procesos a Alta Temperatura (pirometalurgia del Cu)
- Nuevos procesos, estudio de emisiones y control de elementos menores contaminantes, en particular As.
- Tratamiento de materiales complejos para su valorización
- Instrumentación avanzada de procesos metalúrgicos

4 patentes concedidas en los últimos 5 años, 1 en trámite.



**EDUARDO BALLADARES**  
*Ingeniero Civil*  
*Metalúrgico*  
*Universidad de*  
*Concepción*  
*Doctor en Ingeniería*  
*Metalúrgica,*  
*Universidad de*  
*Concepción*

**Áreas de especialización:**

- Pirometalurgia
- Metalurgia Química
- Geometalurgia
- Instrumentación avanzada de procesos

4 patentes concedidas en los últimos 5 años, 1 en trámite.



**FERNANDO PARADA**  
*Ingeniero Civil*  
*Metalúrgico*  
*Universidad de*  
*Concepción*

**Áreas de especialización:**

- Lixiviación
- Control de arsénico y azufre provenientes del procesamiento de minerales
- Recuperación de metales en medio acuoso
- Tostación de minerales.

3 patentes concedidas en los últimos 5 años, otras 3 en trámite.



**MARCELA ANGULO**  
*Ingeniera Civil*  
*Dra. en Ciencias Ambientales*  
*Universidad de Concepción*

**Áreas de especialización:**

- Sustentabilidad ambiental, eficiencia hídrica y energética, mitigación de emisiones en minería.
- Inteligencia tecnológica y de mercado.
- Gestión de proyectos de innovación y escalamiento de emprendimientos de base científico-tecnológica.



**SANDRA ARAYA**  
*Ingeniera Civil*  
*Industrial , MBA*

**Áreas de especialización:**

- Transferencia tecnológica
- Contratos de licencia



**XIMENA SEPÚLVEDA**  
*Abogada*  
*Master of Laws*

**Áreas de especialización:**

- Propiedad Intelectual
- Derecho de nuevas tecnologías



# CAPACIDADES DISPONIBLES



Vista panorámica de la Planta piloto.



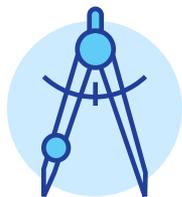
Planta Piloto de Procesos metalúrgicos Dr. Igor Wilkomirsky, Facultad de Ingeniería UdeC, inaugurada en marzo 2019.



Reactor rotativo piloto de reducción.



Reactor piloto de tostación de lecho fluidizado.

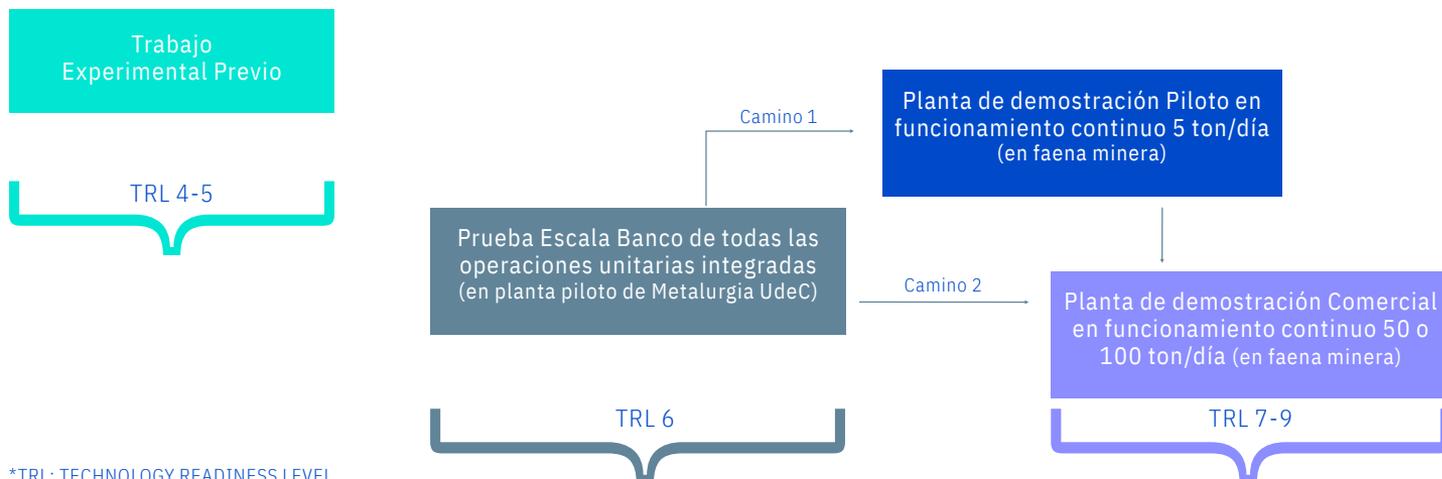


# HITOS DE LA ESTRATEGIA DE ESCALAMIENTO TECNOLÓGICO

PREVIO A 2020

2021-2023

2024-2028



\*TRL: TECHNOLOGY READINESS LEVEL



# INVITACIÓN A PARTICIPAR

*LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN INVITA A EMPRESAS E INSTITUCIONES A SUMARSE AL ESCALAMIENTO, CON ALGUNAS OPCIONES DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA:*

Negociar un acuerdo de licenciamiento con exclusividad a algún actor de la industria de tecnología para la minería.

Participar en la propiedad de una nueva empresa (Spin off) depositario de la patentes y privilegios de propiedad intelectual de la tecnología, mediante aportes de capital en etapa temprana (inversionistas del sector minero, tecnología o venture capital).



Universidad  
de Concepción