

## **El invento chileno que podría resolver la crisis que provocará el cierre de Ventanas**

*El ingeniero civil químico y doctor en metalúrgica, Igor Wilkomirsky, lidera el equipo de la Universidad de Concepción que trabaja en la nueva tecnología para procesar concentrado de cobre con “cero emisiones y cero residuos”. En entrevista con El Líbero señala que el cierre de la fundición de Ventanas “es una decisión muy difícil”, pero que la tecnología que tiene “es muy antigua y es prácticamente imposible llevarla a los estándares ambientales internacionales”. En ese sentido, sostiene que todo el parque de fundiciones deberá enfrentar “un proceso de renovación gradual”.*

por Renato Gaggero 26 junio, 2022

<https://ellibero.cl/actualidad/el-invento-chileno-que-podria-resolver-la-tesis-que-provocara-el-cierre-de-ventanas/>

**Igor Wilkomirsky** es ingeniero civil químico, master y doctor en ingeniería metalúrgica y el chileno con más patentes de invención registradas en el país.

Desde la **Universidad de Concepción** -donde es profesor titular- lidera el grupo de académicos que está trabajando desde hace años en una iniciativa que busca generar una nueva forma de producción de concentrado de cobre en base al hidrógeno verde, que genera cero emisiones y cero residuos y que podría significar un gran avance para llegar a un desarrollo sustentable de la minería, principal industria de nuestro país.

En esta entrevista con **El Líbero** cuenta en qué consiste esta nueva tecnología que están desarrollando, las [conversaciones que tienen con CodeLco](#) para implementarla a futuro y se refiere al reciente anuncio del cierre de la **Fundición Ventanas** de la minera estatal.

“Es una decisión muy difícil, pues se debe compatibilizar el cuidado del medio ambiente y la protección de la salud de las comunidades aledañas, con una transición justa para los trabajadores y toda la actividad económica local que gira en torno a la planta”, señala.

Sin embargo, agrega que todo el parque de fundiciones en Chile deberá enfrentar un “proceso de renovación gradual”, pues Chile “debería reforzar su capacidad de procesamiento de concentrados, con tecnología de punta y aprovechando nuestro potencial de generación de energías renovables y de hidrógeno verde para diferenciarnos en los mercados internacionales, con un cobre de baja emisión y con trazabilidad completa de la huella de carbono”.

**– ¿En qué consiste esta nueva tecnología que está desarrollando la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción para procesar concentrados de cobre sin generar emisiones y residuos?**

– El nuevo proceso de procesamiento de concentrados de cobre “cero emisiones y cero residuos” es una tecnología disruptiva de procesamiento de concentrados de cobre que reemplaza a la tradicional fundición, mediante un proceso de oxidación seguido de una reducción con hidrógeno verde y luego un circuito de separación.

Este proceso opera en reactores cerrados y en fase sólido-gas, por lo que no hay fases fundidas que generan emisiones fugitivas de gases que contienen dióxido de azufre. Todo el azufre se captura y se produce ácido sulfúrico o azufre elemental, que tiene muchos usos. Al mismo tiempo, permite valorizar todo el concentrado, pues además de producir un cobre anódico con metales nobles, recupera todo el molibdeno y genera productos comerciales de hierro -en la forma de magnetita- y de sílice de alta pureza, terminando así con la generación de escoria o residuo, pasivo ambiental de gran magnitud en nuestro país.

El proceso consume un 50% de la energía que un proceso tradicional y elimina todo uso de combustible fósil, con estándares de recuperación de

energía muy superiores a la tecnología convencional, lo que sumado al uso de hidrógeno verde y de electricidad de origen renovable, lo hace una tecnología con huella de carbono cero o incluso “negativa” por los excedentes de vapor a alta presión que genera, que se pueden convertir en energía limpia.

En síntesis, es un nuevo paradigma para el procesamiento de concentrados, sin emisiones, sin residuos y con un virtuoso enfoque de economía circular y minería polimetálica.

**– ¿Cuándo partió este proyecto y en qué fase de desarrollo está?**

– El desarrollo de las bases científicas y conceptuales de esta tecnología tiene más de 10 años, pero el proyecto de desarrollo tecnológico comenzó en 2019, cuando se puso en marcha la construcción de una planta única en su tipo que opera en la Planta Piloto de Metalurgia Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción. Esta etapa se ha realizado con fondos institucionales y con apoyo de Fondef de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, ANID.

En ese mismo año se presentó la patente nacional y al año siguiente se hizo la solicitud internacional, a través del tratado internacional de patentes, PCT.

La tecnología se encuentra en un nivel de madurez tecnológica semi-piloto o TRL 5 (Technology Readiness Level) y se enfrenta ahora al proceso de escalamiento a nivel piloto (TRL6) y luego a una planta demostrativa en entorno minero industrial (TRL8-9).

**– ¿Aparte de los beneficios que trae en materia medioambiental, qué otras ventajas tiene esta tecnología respecto de la que se usa actualmente? ¿Se puede dar mayor valor agregado al cobre que se exporta, por ejemplo?**

– Esta tecnología produce un cobre anódico que luego puede ir a refinación electrolítica tradicional para producir cátodos de cobre y recuperar todos los metales valiosos, como oro, plata y otros metales escasos de alto valor para las industrias tecnológicas. Esto es similar a lo que hacen las fundiciones tradicionales, que generan un producto final de mayor valor agregado respecto a la exportación de concentrados.

Pero lo que distingue a esta tecnología es que recupera el molibdeno, todo el hierro en la forma de magnetita o pellet-feed para la industria del acero, además de la sílice que tiene múltiples aplicaciones industriales.

La tecnología es flexible y no tiene las economías de escala de la tecnología convencional, por lo que puede operar en escalas más pequeñas sin perder competitividad e instalarse junto a la planta concentradora, en un complejo minero-industrial con bajo impacto ambiental. Otra ventaja es que permite producir ácido sulfúrico “in situ”, lo que habilita la lixiviación de recursos secundarios sin las complejidades logísticas del transporte de insumos.

**– ¿Es muy costoso implementar una tecnología así o es más barato de lo que cuesta actualmente procesar cobre?**

– La evaluación económica preliminar que se ha realizado con los resultados obtenidos a la fecha, proyecta que la tecnología sería competitiva tanto en costos de capital, como en costos de operación, respecto de la tecnología tradicional, en variados tamaños de planta, desde 500 mil toneladas al año hasta 1,5 millones de toneladas al año.

Es necesario precisar que éstos no se deben comparar directamente con un OPEX y CAPEX para un proyecto de una fundición, dado que en este caso hay equipamiento y procesos asociados a los tres productos comerciales adicionales.

Un análisis comparativo con una fundición tradicional que toma el costo de capital “proporcional” a la componente de producción de cobre, ácido

sulfúrico y recuperación de energía –excluyendo las unidades asociadas a los otros subproductos comerciales– muestra que la inversión sería del orden del 55-60%. De forma equivalente, el costo operacional estaría en el primer cuartil de costos. Si se consideran los créditos por venta de magnetita, concentrado de sílice y el eventual producto de molibdeno, el OPEX caería por debajo de los 10 centavos de dólar la libra de cobre.

**– ¿Con una tecnología así, se resolverían situaciones críticas como la que tenemos en Ventanas y otras zonas del país?**

– La tecnología de fundición tradicional ha avanzado mucho en captura de gases; de hecho, en Europa hay fundiciones insertas en zonas urbanas, pero sigue generando entre 0,8 y 1,2 toneladas de escoria por cada tonelada de cobre que se produce.

La tecnología que estamos desarrollando en la Universidad de Concepción no sólo tendría cero emisiones y cero residuos, sino que tendría huella de carbono cero y abriría posibilidades de ser instalada junto a las plantas concentradoras, en complejos minero-industriales con bajo impacto ambiental y con enfoque de economía circular, donde se valoriza todo el concentrado y se producen productos de alto valor agregado que son insumos para otras industrias.

**– ¿Cómo evalúa la decisión de Codelco de poner fin a Ventanas?  
¿Cree que hay que tomar ese mismo camino con el resto de las fundiciones a futuro?**

– La decisión de cerrar la Fundición Ventanas es, sin duda, una decisión muy difícil pues se debe compatibilizar el cuidado del medio ambiente y la protección de la salud de las comunidades aledañas, con una transición justa para los trabajadores y toda la actividad económica local que gira en torno a la planta.

La tecnología es muy antigua y es prácticamente imposible llevarla a los estándares ambientales internacionales con inversiones parciales que son

cuantiosas y no resolverían el problema de fondo, haciendo aún más negativo su desempeño económico.

El parque de fundiciones en Chile deberá igualmente enfrentar un proceso de renovación gradual. En los tiempos actuales, tanto por razones de costos como por consideraciones geopolíticas, Chile debería reforzar su capacidad de procesamiento de concentrados, con tecnología de punta y aprovechando nuestro potencial de generación de energías renovables y de hidrógeno verde para diferenciarnos en los mercados internacionales, con un cobre de baja emisión y con trazabilidad completa de la huella de carbono.

**– ¿Han tenido acercamientos con Codelco para ver la factibilidad de que se pueda implementar esto en la minería nacional?**

– Estamos en conversaciones con Codelco, con Enami y con varias mineras privadas para encontrar caminos de colaboración para acelerar el escalamiento de esta tecnología, desde el nivel semi-piloto actual a su nivel industrial.

**– ¿Cuándo estiman que esta tecnología pueda estar en condiciones de operar a cabalidad para reemplazar la forma en que se hace el procesamiento de concentrados actualmente?**

– El plan de desarrollo tecnológico ha sido concebido para lograr una validación industrial en unos seis a siete años, suponiendo que se cuenta con todo el financiamiento. Ello considera la construcción de una planta de escala piloto con un tamaño de reactores que permita validar todos los parámetros críticos y escalar el diseño, para luego pasar a una planta de demostración industrial localizada en un entorno minero-industrial, que entregará la información relevante para la toma de decisiones de inversión de una planta industrial.

Este plazo es bastante ajustado si se compara con desarrollos tecnológicos equivalentes, como el proyecto HYBRIT en Suecia para la

producción de acero cero emisión con hidrógeno verde, que partió la I+D en 2016 y proyecta tener una planta demostrativa operando en 2025, para iniciar la transformación de las plantas industriales hacia el 2030.

**– ¿Han tenido contactos con mineras extranjeras para ofrecer esta nueva tecnología? ¿Qué les han dicho? Me decía que han patentado esto en Chile y en otros países.**

– Efectivamente, hemos tenido contacto con grupos mineros internacionales, pues esta tecnología tendría un mercado global dado principalmente por el aumento de la demanda de cobre de baja emisión para la industria de energías renovables, la electrificación y la electromovilidad.

La patente nacional fue otorgada por INAPI en marzo recién pasado y se ha iniciado el proceso de patentamiento internacional en 10 países, tanto aquellos donde hoy hay capacidad de procesamiento, como en los futuros distritos de producción de cobre en el Cordón Andino, África y Asia.

**– ¿Qué impacto tendría para la Universidad de Concepción el éxito de esta nueva tecnología en Chile y el mundo?**

– La Universidad de Concepción ha definido este proyecto como “proyecto estratégico” y ha asignado los recursos humanos y materiales para ello. El desarrollo ha sido liderado por mí y por otros profesionales, como el Dr. Roberto Parra como director del proyecto de validación industrial y por la Dra. Marcela Angulo en la gestión tecnológica; junto a ellos hay un equipo de investigadores, ingenieros, doctores y estudiantes de doctorado y de magister a cargo del desarrollo tecnológico y operación de la planta semi-piloto.

Para avanzar en este ambicioso emprendimiento, el Directorio de la Corporación UdeC aprobó en mayo pasado la creación un *spin off* para buscar aliados estratégicos de la minería y socios inversionistas para

llevar los resultados de la investigación y desarrollo al mercado nacional y global.

El éxito de esta tecnología no sólo tendría un impacto para la minería en Chile y el mundo, sino que sería un ejemplo de cómo la investigación universitaria puede contribuir al desarrollo del país y generar alto impacto en la sociedad, aportando a la transformación hacia un modelo económico más basado en el conocimiento y el talento local, capaz de generar tecnología desde Chile para el mundo y sofisticar nuestra matriz productiva.

**Esta nota se financia gracias a los miembros de la Red Líbero.**