



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA METALÚRGICA

**APORTES A LA FISICOQUÍMICA DE LA REDUCCIÓN DE HIERRO CON
HIDRÓGENO EN UN SISTEMA FUNDIDO DE ÓXIDOS PARA LA VALORIZACIÓN DE
ESCORIAS DE COBRE**

TESIS PARA OPTAR A GRADO DE
MAGÍSTER EN INGENIERÍA METALÚRGICA

Por: Ramón Bandak Ramírez.

Guías: Dr. Víctor Parra Sánchez.

Dr. Roberto Parra Figueroa.



Resumen

La minería del cobre es vital para múltiples industrias esenciales, y la creciente demanda plantea desafíos en la gestión de residuos, particularmente las escorias de fundición. La revalorización de las escorias se alinea con la economía circular y la lucha contra el cambio climático. La investigación se centra en optimizar la recuperación de hierro de las escorias utilizando hidrógeno, con el objetivo de reducir el impacto ambiental de la producción de cobre y promover la sostenibilidad en la industria minera y metalúrgica.

Los objetivos del estudio incluyen el diseño y validación de un proceso experimental y termodinámico para la reducción eficiente del hierro en sistemas fundidos de escoria sintética y real utilizando hidrógeno gaseoso como agente reductor. Este enfoque comprende la simulación termodinámica, la creación de un sistema experimental para medir la cinética de reacción, la validación de pruebas experimentales y la evaluación de la eficiencia del proceso.

Las variables estudiadas para la reducción de escoria sintética y real incluyen la temperatura de control de 1250 a 1300 °C, el porcentaje de hidrógeno en mezcla con nitrógeno de 5 y 30 % H₂ a un flujo de 2 L/min y la basicidad de las escorias (B), 0.03, 0.11 y 1.4. Los resultados para las pruebas con escoria real mostraron que la velocidad de reacción aparente aumenta con una mayor temperatura y porcentaje de H₂, alcanzando un máximo de 6.6×10^{-3} kg_{oxígeno}/m²s a 1300 °C, B = 1.4 y 30 % H₂. La energía de activación obtuvo un valor óptimo a basicidad 1.4 y 30 % H₂ en el rango de temperatura 1220 a 1270 °C llegando a 29.9 kJ.

En base a los resultados experimentales se concluyó que el proceso y la técnica experimental fueron validados según lo reportado en la literatura. Para futuros trabajos la adición de CaO e inyección del gas en el seno del fundido son las formas viables para superar las limitaciones experimentales observadas y maximizar la obtención de hierro.