

Análisis tecno-económico de alternativas hidrometalúrgicas sostenibles para la recuperación de oro

PROBLEMA

La alta cotización del oro en el mercado internacional ha motivado el incremento de las actividades hidrometalúrgicas para su recuperación en el Ecuador. Sin embargo, esta actividad preocupa a las entidades de regulación ambiental por los impactos generados a causa de los compuestos químicos utilizados en estos los procesos de extracción. En muchos casos, la ineficiencia de los procesos empleados genera relaves con una elevada toxicidad, afectando a ríos y suelos cercanos al área de extracción minera.

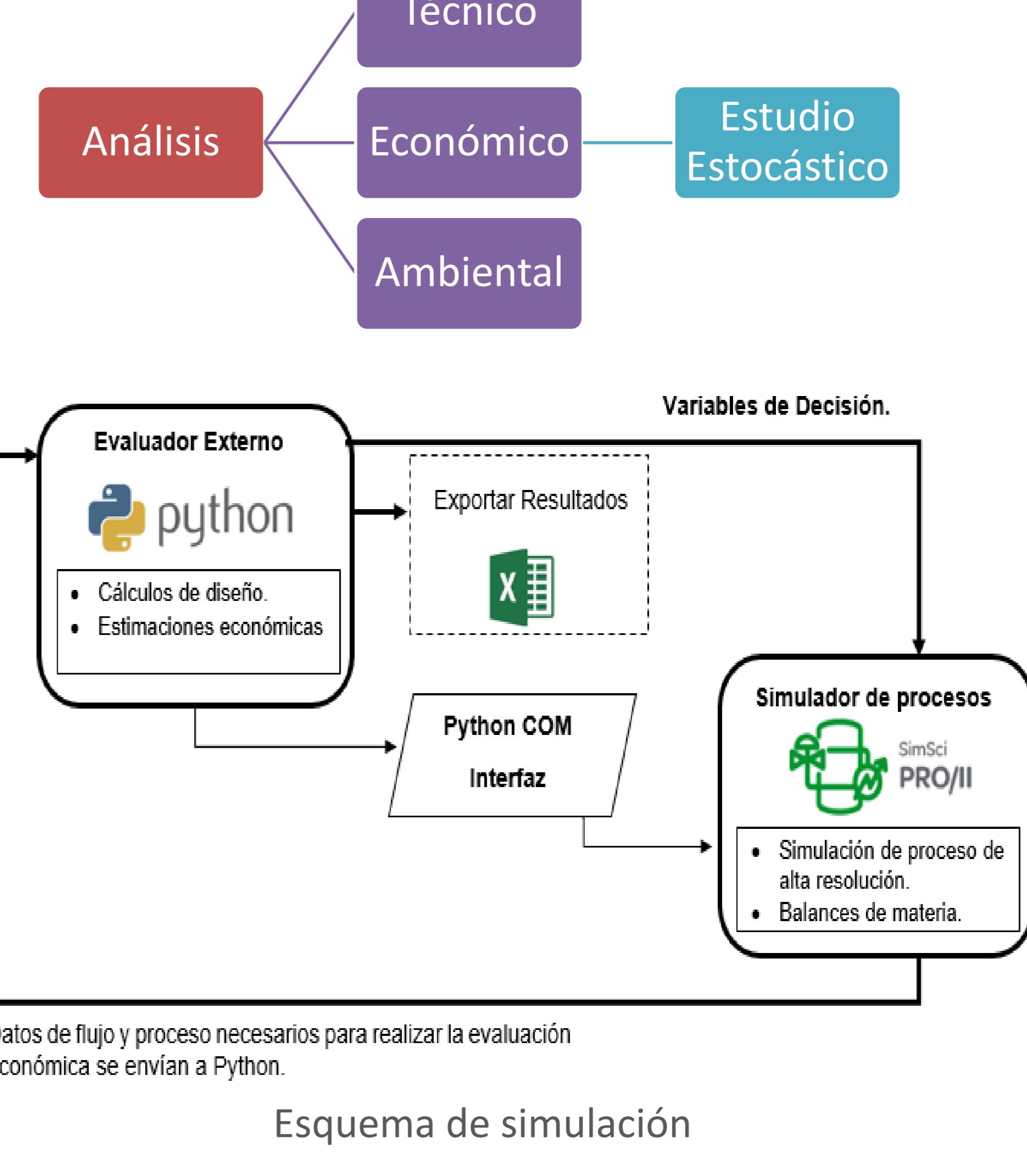


OBJETIVO GENERAL

Evaluar, a través de un análisis tecno-económico, diferentes alternativas hidrometalúrgicas para la recuperación de oro considerando minería a pequeña escala y el impacto de los relaves de amalgamación con mercurio en el Ecuador.

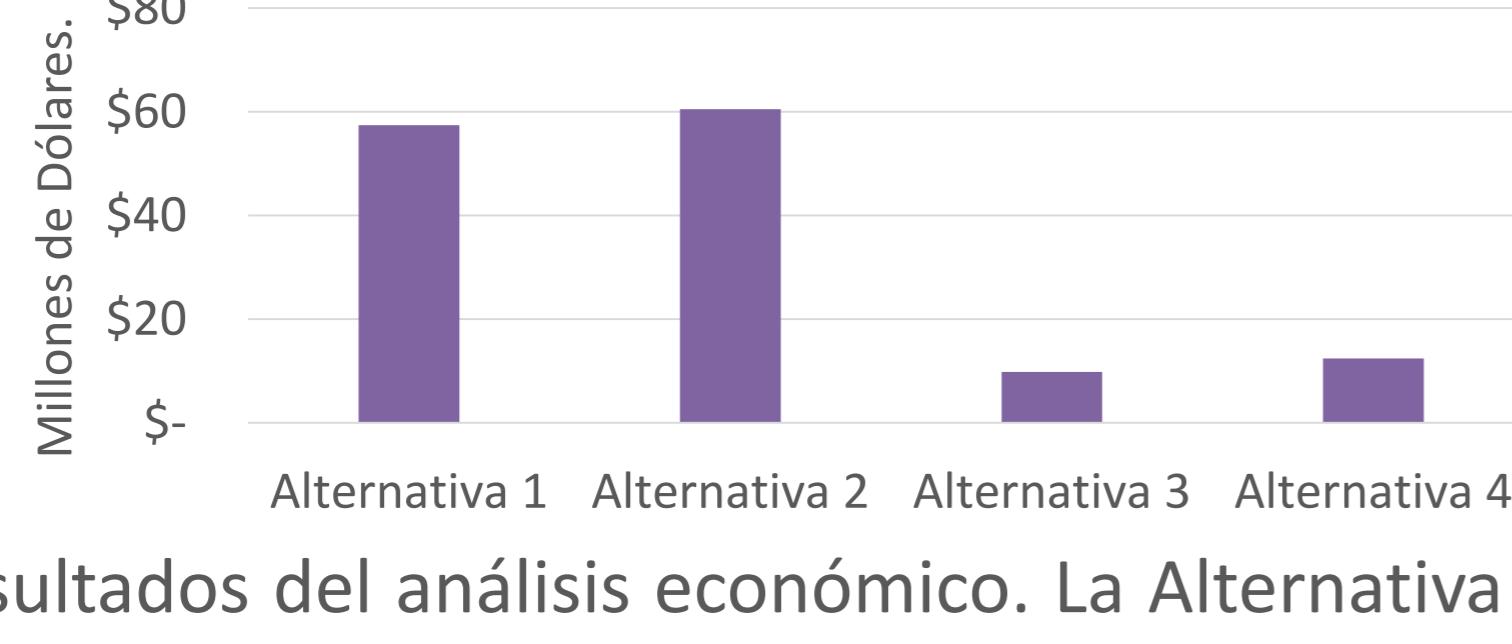
PROPUESTA

Se realizó un análisis tecno-económico de cuatro alternativas hidrometalúrgicas para la recuperación de oro en relaves contaminados con mercurio. Los procesos estudiados se enfocan en la lixiviación del oro. En la primera, se estudió el proceso con cianuro de sodio, luego se cambió el lixiviante a tiosulfato de sodio, finalmente se estudiaron los dos procesos adicionando una sección de pretratamiento para la recuperación de amalgama. Las alternativas estudiadas fueron simuladas en el software PRO/II®. Se obtuvieron los datos necesarios para realizar los análisis técnicos, económicos y ambientales. Se efectuó una estimación económica para las alternativas planteadas a través del cálculo de indicadores económicos que se incorporaron en un ambiente de programación Python. Como último indicador, se aplicó un estudio estocástico donde se analizó el comportamiento de la rentabilidad de cada proceso. El simulador PRO/II se interconecta con Python a través del comando Modelo de Objetos Componentes (COM) que permite su comunicación bidireccional directa. La principal contribución de éste estudio es determinar la viabilidad económica del proceso evaluado en 1000 configuraciones entre los rangos reportados de las eficiencias.



Esquema de simulación

RESULTADOS



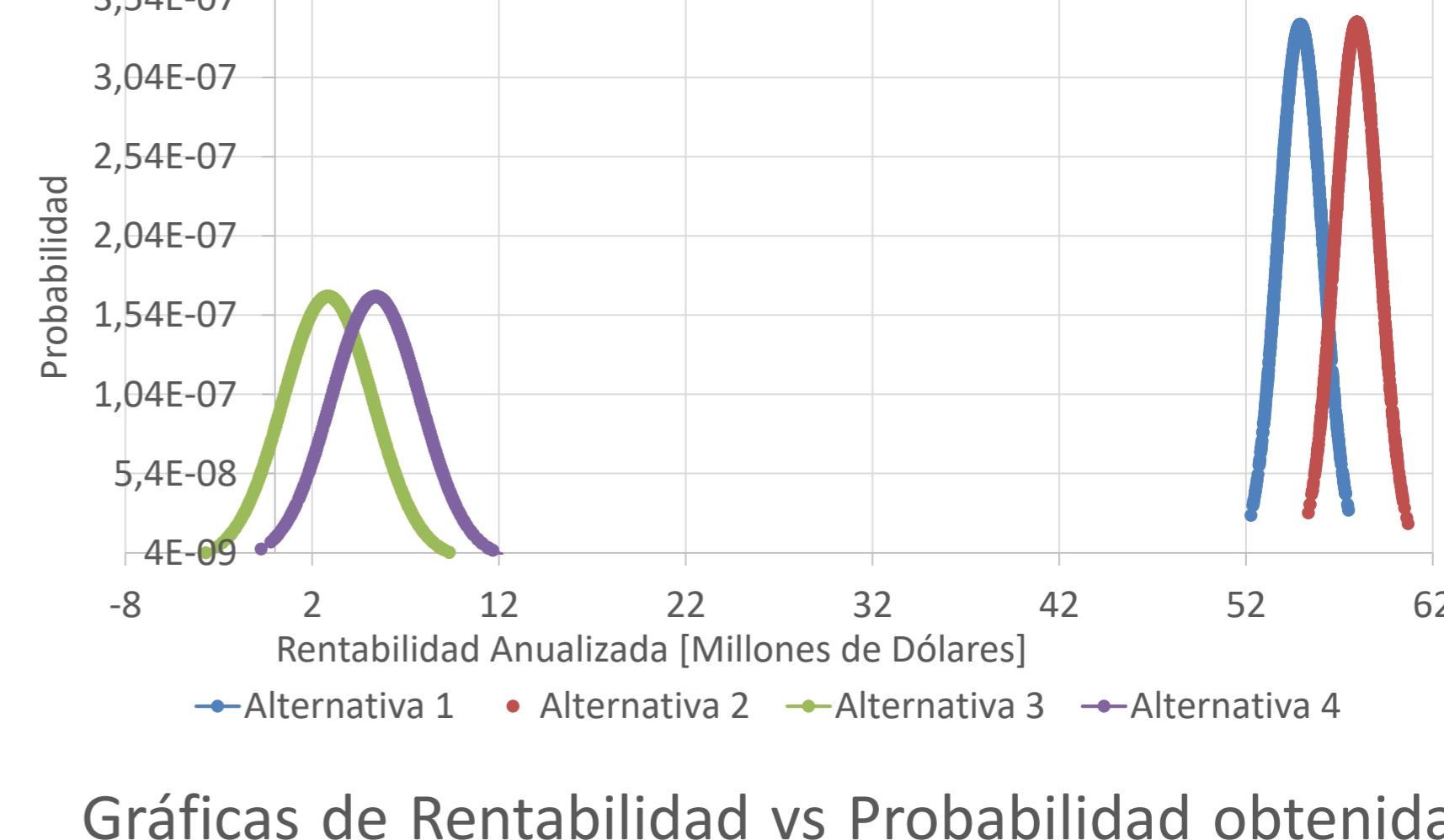
Resultados del análisis económico. La Alternativa 2 obtiene el mejor resultado (60,5 MDD) empleando cianuro de sodio como lixiviante y remoción de amalgama.

Parámetros	Unidad	Límite máx. permisible	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4
Cianuro total CN^-	$\frac{mg}{l}$	0,1	4799,49	4797,87	-	-
Sulfatos SO_4^{2-}	$\frac{mg}{l}$	1000	-	-	682,4048	682,5498
Mercurio total Hg	$\frac{mg}{l}$	0,005	14,8512	3,2028	9,9759	2,1974

Resultados del análisis ambiental realizado en los efluentes de los procesos.

CONCLUSIONES

- Todas las alternativas planteadas son económicamente rentables y viables desde un punto de vista técnico, siendo la mejor la alternativa 2 que alcanza la mayor recuperación (80,89%) con un beneficio de \$60'543.093 anual.
- La incorporación del tiosulfato como alternativa lixiviante satisface la problemática ambiental actual pero disminuye el beneficio obtenido de la minería de oro.
- El software PRO/II® brinda una fuerte herramienta en la toma de decisiones en proyectos al combinarla con el lenguaje de programación Python.
- Con el análisis estocástico se determinó que la Alternativa 2 es la más favorable ya que todos sus escenarios revelan una alta rentabilidad. Esto genera una confianza mayor para la inversión. Por otro lado, las Alternativas 3 y 4 revelan escenarios con pérdidas económicas y rentabilidades relativamente bajas.



Gráficas de Rentabilidad vs Probabilidad obtenidas con el estudio estocástico. Como se observa en la alternativa 3 y 4, el riesgo económico es mayor al utilizar el tiosulfato de sodio como lixiviante.