

Escalamiento SAG mediante Test Starkey y Planta Piloto

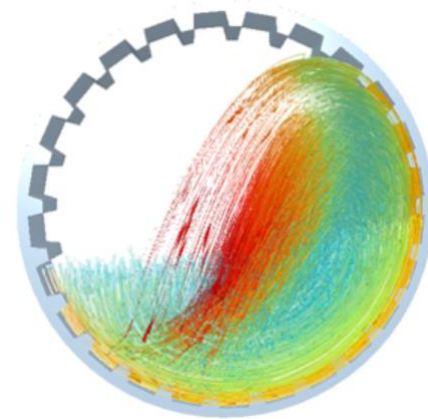
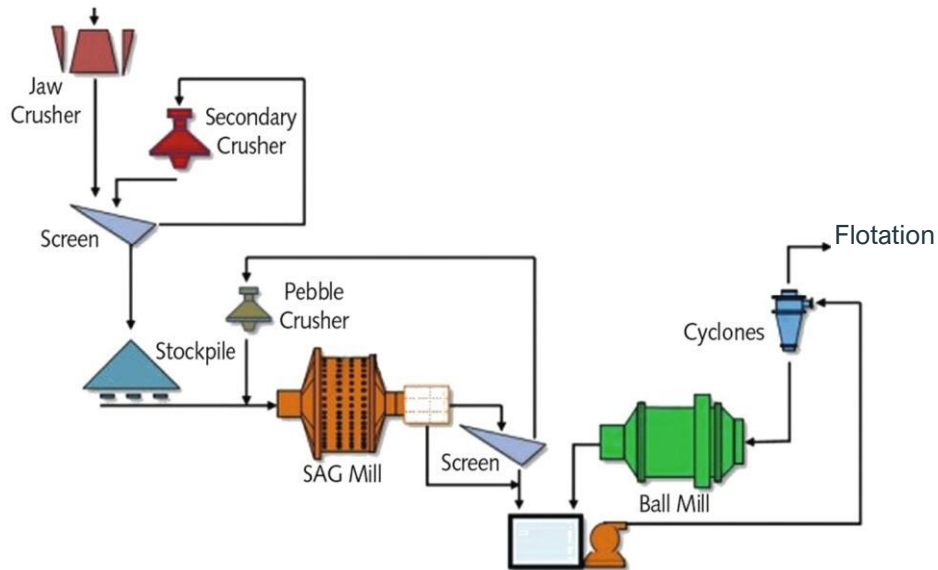
5 y 6 de Mayo 2022

Introducción

Se realiza escalamiento desde valores de test Starkey de laboratorio a Consumo Específico de Energía (CEE) de molino SAG, con la finalidad de obtener una regresión basada en tiempo (minutos) de molienda en laboratorio. Para esto, se muestrearon 12 UGMs desde mina, las cuales fueron procesadas en molino piloto SAG, previamente sintonizado.

Recordar que la responsabilidad del escalamiento usualmente recae en el área de Metalurgia, con Geometalurgia como apoyo al proceso. Metalurgia es la responsable de informar los parámetros que deberán ser utilizados durante el pilotaje.

Molino SAG



<https://www.youtube.com/watch?v=gOr52bwvXFI>

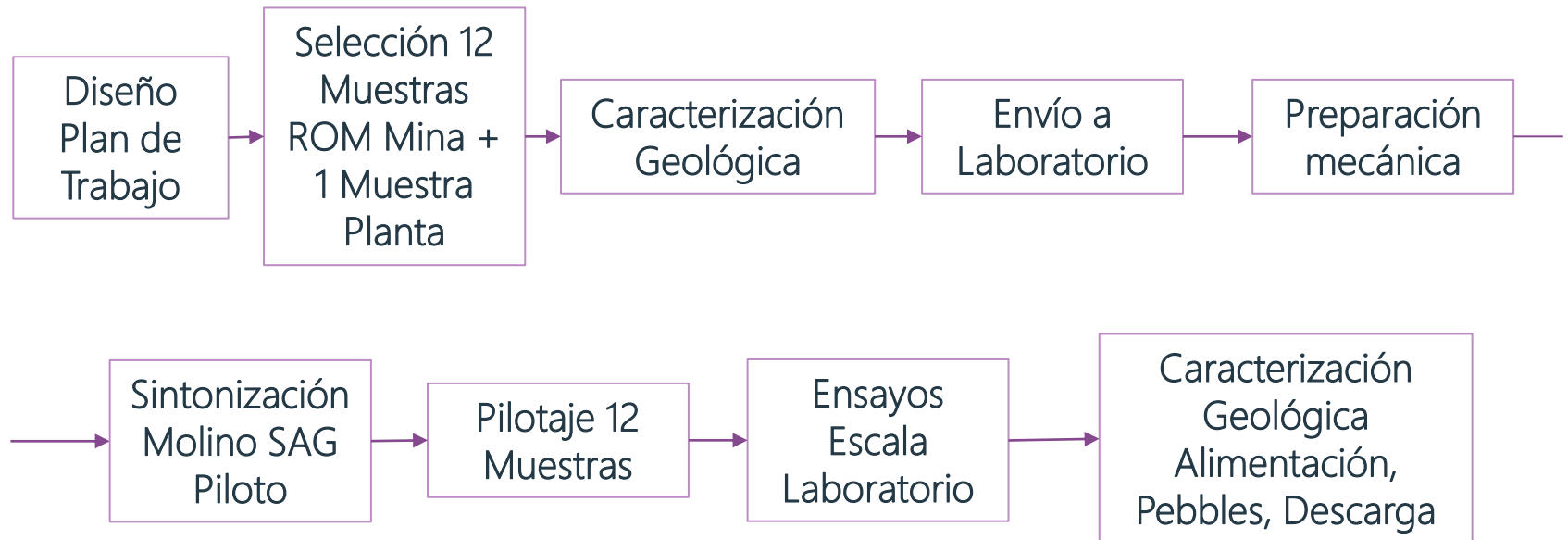


<https://www.youtube.com/watch?v=1fY2y7z6Gdk>

Molino SAG Piloto



Secuencia de Actividades



Criterios de selección, extracción, caracterización y envío

- Participación relativa de UGMs en plan minero.
- 1 UGM por muestra.
- No lastre o stock baja ley.
- Evitar zonas de falla/fracturamiento intenso.
- Modelo de bloques y plan minero vigentes.
- Muestras frente de carguío (ROM).
- Seguimiento desde extracción, transporte por CAEX y depositación.
- Caracterización geológica.
- Extracción de 35 a 45 t, carguío mediante cargador frontal y envío a laboratorio.

Muestras desde Mina



División por Fracción Granulométrica

La muestra de cada prueba fue dividida en 5 fracciones de tamaños:



-8"+6"



-6"+3"



-3"+1"



-1/2"



-1"+1/2"

Cada fracción es caracterizada geológicamente. Estas son re combinadas en forma proporcional a la granulometría requerida y cargadas en forma manual al molino, acorde con el flujo de alimentación.

Perfiles Granulométricos

13 muestras: 1 muestra de sintonización y 12 muestras de UGMs. La muestra de sintonización fue extraída desde planta industrial. Este material y los parámetros de operación industrial permiten la posterior sintonización del molino SAG piloto.

Malla	Abertura □m	M- Sintoni- zación	SAG-1 %	SAG-2 %	SAG-3 %	SAG-4 %	SAG-5 %	SAG-6 %	SAG-7 %	SAG-8 %	SAG-9 %	SAG-10 %	SAG-11 %	SAG-12 %
8"	203,200	98.4	80.0	86.2	84.3	61.3	84.8	79.8	61.4	50.1	25.3	67.0	42.1	79.7
6"	152,400	91.0	69.7	79.2	76.1	50.3	79.7	73.3	53.9	37.3	17.3	57.5	30.4	71.8
3"	76,200	73.4	49.0	63.7	59.5	30.6	65.8	57.3	35.8	22.9	7.3	30.7	11.3	59.1
1"	25,400	41.3	25.5	46.0	37.9	16.3	46.7	33.3	19.1	12.5	2.5	13.0	4.6	40.1
1/2"	12,700	26.2	17.1	36.2	30.3	12.1	35.0	22.9	13.9	9.2	1.6	8.4	3.2	32.9
-1/2"		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Incrementos de 100 kg son continuamente depositados en correa de alimentación del molino SAG piloto. Esta metodología permite ajustar la distribución granulométrica a voluntad.

Perfiles Granulométricos

Metalurgia indica que los parámetros clave del molino SAG industrial que es preciso sintonizar en el molino SAG piloto son:

<i>Consumo Esp. Energía kWh/t</i>	<i>Generación Pebbles %</i>	<i>BT Tromel P80 μm</i>
3.5	13.0	4,500

Tipos de carga de bola utilizados:

<i>TIPO DE CARGA DE BOLAS ETAPA MOLIENDA SAG</i>				
<i>Tipo de Carga</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>Nivel Llenado,%</i>	10	13	13	10
<i>Tam Bola Max</i>	4"	4"	5"	5"
<i>Tamaño de Bolas</i>	<i>Peso (kg)</i>	<i>Peso (kg)</i>	<i>Peso (kg)</i>	<i>Peso (kg)</i>
5.0"			266.2	121.6
4.5"				192.7
4.0"	250.1	325.1	326.2	135.3
3.5"	373.5	485.6	218.2	91.0
3.0"				82.9
Total	623.6	810.7	810.7	623.6

Sintonización

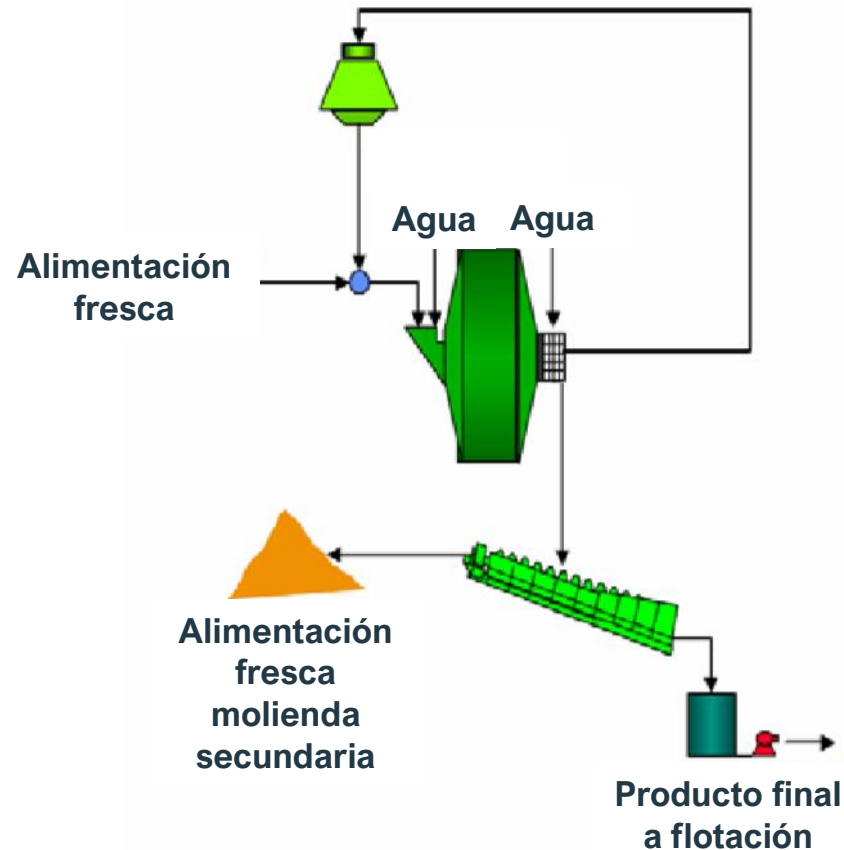
La sintonización de planta piloto con planta industrial SAG se ejecutó en 6 etapas, con diferentes condiciones operacionales, incluyendo el perfil granulométrico promedio.

Malla	Granulometría Condición Media
	Retenido Parcial %
-8" +6"	16.0
-6" +3"	18.3
-3" +1"	23.2
-1" +1/2"	9.5
-1/2"	33.0
Total	100

Etapa Sintonización	Alimentación Fresca kg/h	RESULTADOS PARCIALES SINTONIZACIÓN			PARAMETROS AJUSTABLES					Horas Operación
		Consumo Esp. Energía, kWh/t 3.5	Generación Pebbles, % 13.0	BT Tromel P80, um 4,500	Nivel Llenado de Bolas %	Tipo Carga de Bolas	Dimensiones Rock Ports pulg	Rock Ports Abiertos N°	Granulometría Alimentación Fresca	
1	2,452	4.34	21.7	4,382	10	A	3,0 x 3,0	2	Gran Original	4.5
2	2,468	4.88	13.6	3,200	13	B	3,0 x 3,0	1	Gran Original	4.5
3	3,122	3.58	26.8	5,700	10	D	2,5 x 2,5	8	Gran Original	5.0
4	2,585	4.48	20.6	4,281	10	D	2,5 x 2,5	4	Gran Original	3.5
5	2,862	3.99	19.7	4,278	10	D	2,5 x 2,5	4	Gran Ajustada	3.0
6	3,016	3.66	24.0	4,364	10	D	2,5 x 2,5	6	Gran Ajustada	4.0

Pilotaje 12 Muestras

A partir de parámetros sintonización inicial, se mantuvo invariable el circuito de molienda y sus variables operacionales durante la caracterización de las 12 muestras.



Perfiles Granulométricos

	Unidades	Test-1	Test-2	Test-3	Test-4	Test-5	Test-6	Test-7	Test-8	Test-9	Test-10	Test-11	Test-12	Test-13
Fecha de Ensayo		06-01-05	07-01-05	10-01-05	11-01-05	12-01-05	13-01-05	14-01-05	27-01-05	28-01-05	31-01-05	01-02-05	02-02-05	03-02-05
Muestra Mineral		Sintonia	SAG-5	SAG-7	SAG-3	SAG-6	SAG-4	SAG-12	SAG-11	SAG-2	SAG-10	SAG-8	SAG-1	SAG-9
Alimentación Fresca	kg/h	2,994	5,212	2,393	6,373	4,146	2,416	6,664	2,455	6,029	3,127	4,093	3,496	2,823
Extracción Pebbles	kg/h	723	1183	688	1028	942	531	1130	728	1282	674	669	735	685
	%	24.1	22.7	28.8	16.1	22.7	22.0	17.0	29.7	21.3	21.5	16.3	21.0	24.3
Flujo Rebalse de Clasif	kg/h	1292	1321	953	2680	1052	1009	2223	775	1233	1167	1566	937	841
	%	43.1	25.3	39.8	42.0	25.4	41.8	33.4	31.6	20.5	37.3	38.3	26.8	29.8
D80 Alimentación Fresca	µm	99634	132804	132804	132804	132804	132804	132804	132804	132804	132804	132804	132804	132804
D80 Pebbles Chancados	µm	11493	10979	11617	11344	11425	12142	11722	10720	11410	11841	10711	10690	11472
D80 Bajotamaño Trommel	µm	4407	5855	4522	4071	5230	3736	5033	4489	5393	4459	4384	5103	4888
D80 Descarga Clasificador	µm	7106	6949	6993	6482	6506	6542	6729	6287	6327	6623	6489	6583	6473
D80 Rebalse Clasificador	µm	320	155	277	493	124	317	234	197	131	384	458	193	213
Granulom Pebbles Chanc	% +1/2"	11.03	9.55	11.34	12.5	12.75	16.84	12.54	10.93	9.89	12.56	10.63	10.02	13.31
Granulom Rebalse Clasif.	% +65#	29.8	13.85	26.47	37.86	8.84	29.91	21.96	17.98	10.32	34.89	35.9	17.51	20.08
Potencia Bruta	kW	14.23	14.85	13.98	15.56	14.35	14.08	15.01	13.85	14.76	14.12	14.19	14.00	13.81
Potencia Neta	kW	11.04	11.61	10.82	12.26	11.16	10.91	11.76	10.70	11.53	10.94	11.01	10.84	10.66
CEE SAG (Neto)	kWh/t	3.69	2.23	4.52	1.92	2.69	4.52	1.76	4.36	1.91	3.50	2.69	3.10	3.78
Nivel Llenado Total	%	24.7	23.8	27.5	27.7	24.5	26.6	24.9	27.7	24.1	25.1	24.9	25.8	26.4
Observación: (1) Clasificador Espiral, 24Pulg; (2) Nivel Llenado Total, 24-28% (2) Nivel Llenado Total, 24-28% (3) Abertura Trommel, 1/2"; (4) Conc. Sólidos Desc Molino SAG, 75% (4) Conc. Sólidos Desc Molino SAG, 75% (5) Distribución Tamaño Bolas: 19.5% de 5", 30.9% de 4.5", 21.7% de 4", 14.6% de 3.5", 13.3% de 3.0. (6) Set Point Gran Prod 30% +65 mallas Ty														

Test Starkey

El SAG Power Index (SPI) o test de Starkey busca establecer el tiempo (min), necesario para reducir una muestra mineral de F80 12,7 mm a P80 1,7 mm. Utiliza un molino de 10 cm de diámetro por 30 cm de largo, cargado con bolas de acero (diámetro 31,8 mm) al 15%. Por prueba se requiere de 2 kg de mineral. Equivale a un test de cinética de molienda.



Test Starkey 13 Muestras

A cada muestra se le realizó test de Starkey en triplicado para determinar el tiempo de molienda. Esta información es la que posteriormente se correlaciona con el CEE de cada muestra masiva.

Nº	Identificación Muestra	Tiempo Ensayo, minutos			Prom. minutos	Cv %
		M1	M2	M3		
1	Sintonización	45.6	49.2	49.2	48.0	4.3
2	SAG-1	43.9	39.7	35.4	39.7	10.7
3	SAG-2	30.2	30.2	29.9	30.1	0.6
4	SAG-3	30.4	27.4	27.4	28.4	6.1
5	SAG-4	61.0	58.2	56.3	58.5	4.0
6	SAG-5	33.2	36.4	37.4	35.7	6.2
7	SAG-6	40.9	41.1	42.3	41.4	1.8
8	SAG-7	55.6	55.2	56.9	55.9	1.6
9	SAG-8	40.6	41.9	35.7	39.4	8.3
10	SAG-9	57.1	51.1	55.6	54.6	5.7
11	SAG-10	47.1	41.2	43.2	43.8	6.8
12	SAG-11	48.1	48.1	53.6	49.9	6.6
13	SAG-12	30.2	33.7	29.9	31.3	6.8

Función de Escalamiento

