

IMPACTO DE LOS TROMBELES MAGNETICOS SOBRE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN PROCESOS DE MOLIENDA CONVENCIONAL

- Jaime E. Sepúlveda, J-Consultores Ltda.
 - Carlos Stipicic B., POLIMIN Chile
 - Carlos Stipicic V., POLIMIN Chile
 - Alejandro Rodríguez, POLIMIN Chile

Motivación

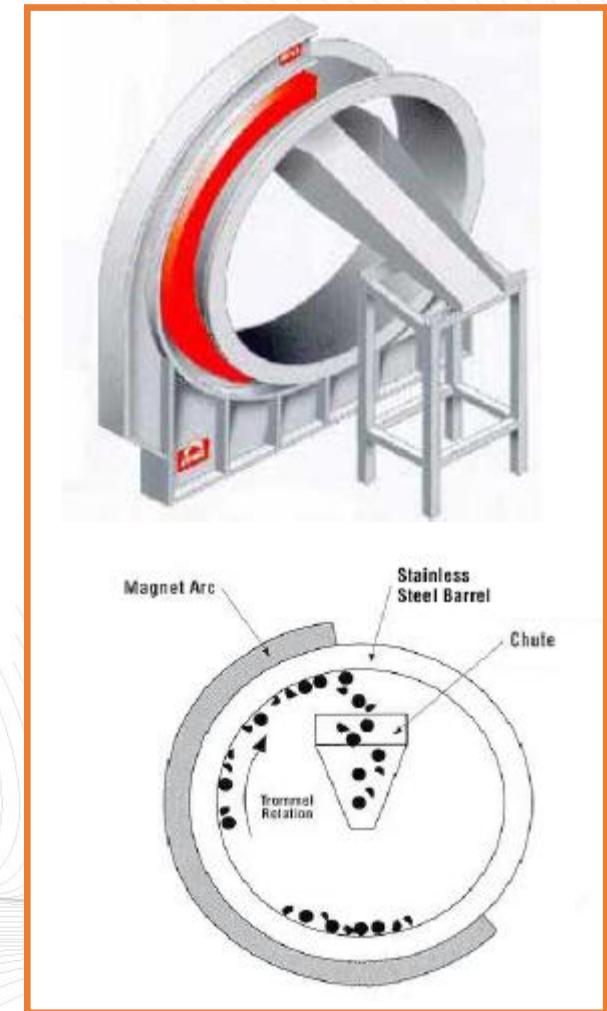
TROMELES MAGNETICOS

- ❑ Los núcleos y fragmentos de bolas (**'chips'**) generados en aplicaciones de molienda **SAG** y **Bolas** producen **desgaste excesivo** de las bombas, ductos, cajones de traspaso e hidrociclones que acompañan el proceso.
- ❑ A fines del siglo pasado, **POLIMIN** – en colaboración con la empresa **ERIEZ** de **EE.UU.** – desarrolló los denominados **Tromeles Magnéticos**, con el específico propósito de remover constantemente estos dañinos **'chips'** del circuito de molienda.

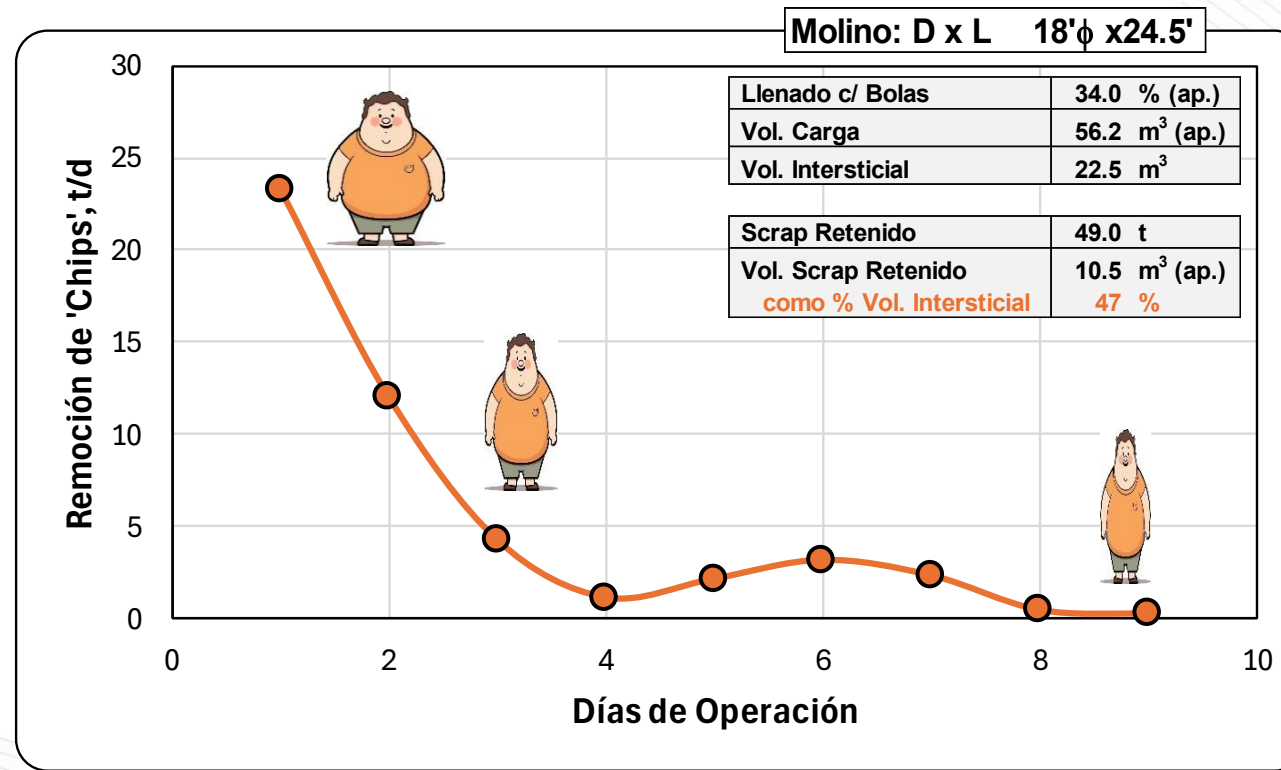
El Concepto

TROMELES MAGNETICOS

- A grandes rasgos, su diseño consiste en un conjunto de **imanes permanentes** convenientemente adosados al **trunnion de descarga** de los molinos. Estos imanes tienen la capacidad de **capturar y remover los desechos metálicos** contenidos en la pulpa de descarga del equipo, evitando así los mencionados daños aguas abajo.

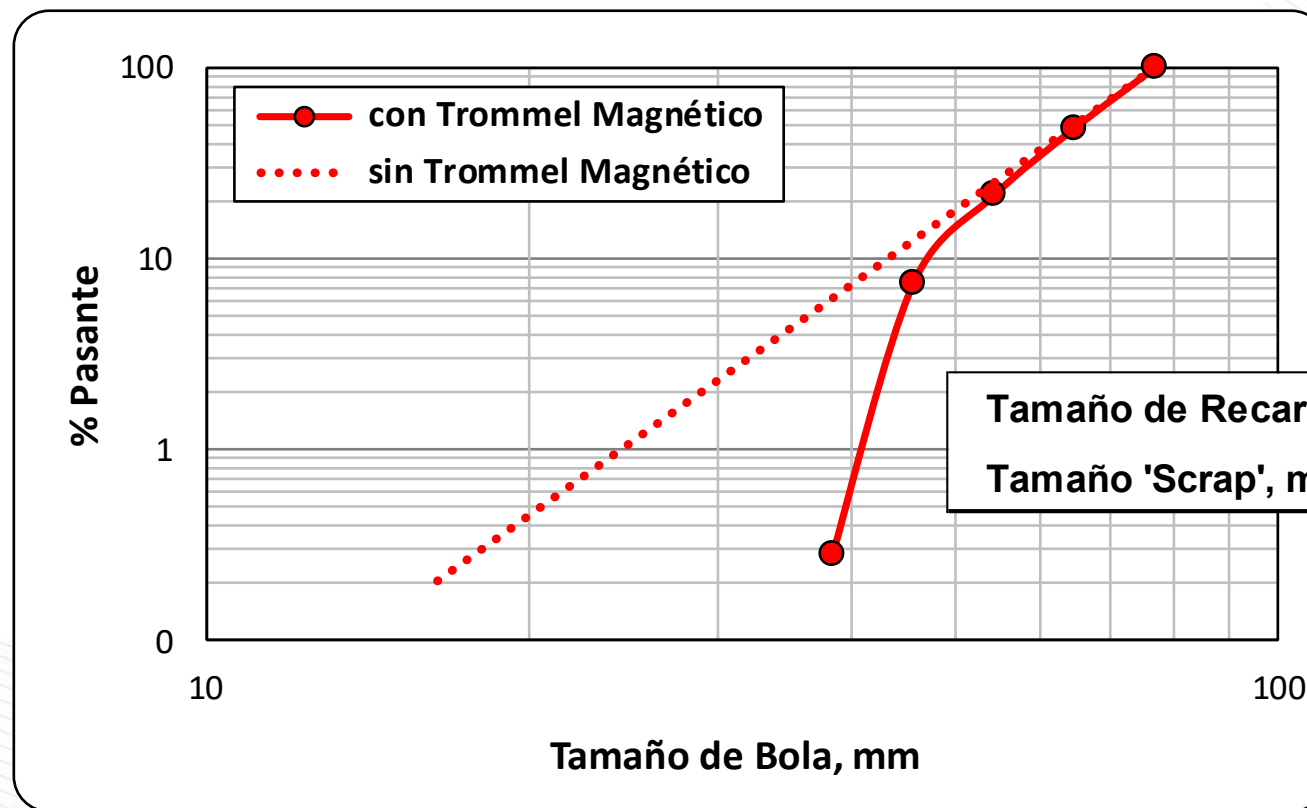


Tasa de Remoción de 'Chips'



- ❑ Inicialmente, se observa una alta tasa de remoción de 'chips' la que rápidamente alcanza un nivel de equilibrio acorde con la tasa de recarga de medios de molienda.
- ❑ En este ejemplo, se removieron inicialmente **49 t de 'chips'** – *equivalentes al 47% (!!!) del volumen intersticial disponible* – sin que éstos cumplieran ningún rol como **medios de molienda**; sólo obstruyendo el **flujo de pulpa** entre las bolas.

Distribución de Tamaños de Bolas en la Carga



Tamaño de Recarga, mm	77.0
Tamaño 'Scrap', mm	38.1

El **Trommel Magnético** elimina las bolas (**'chips'**) más pequeñas de la carga del molino.

Aceptación de la Industria

TROMELES MAGNETICOS - CHILE

- Desde su invención, los **Tromeles Magnéticos** han gozado de una rápida y generalizada adopción por parte de la industria minera nacional, acumulando a la fecha un total de **32** instalaciones.

APLICACIONES DE TROMELES MAGNETICOS EN CHILE

Operación	Tecnología de Molienda	# de Molinos	Tamaño		Potencia, MW	Bolas de Recarga,
			D (pies)	L (pies)		
Collahuasi	Bolas L1	1	22.0	36.0	9.0	3.0
Collahuasi	Bolas L2	1	22.0	36.0	9.0	3.0
Collahuasi	Bolas L3	2	26.0	38.0	14.4	3.0
Collahuasi	5to. Molino	1	26.0	38.0	14.4	3.0
Chuquicamata A2	Bolas	4	18.0	26.0	3.9	3.0
Chuquicamata A2	5to. Molino	1	20.0	30.0	5.9	3.0
DMH	Bolas	2	22.0	36.5	9.1	3.0
Nva. Centinela	Bolas	2	27.0	45.0	18.8	3.0
Sierra Gorda	Bolas	3	26.0	45.0	17.1	3.0
Caserones	Bolas	2	27.0	46.0	19.2	3.5
Pelambres	Bolas	5	21.0	33.5	7.4	3.0
Pelambres	Bolas	1	26.0	40.5	15.4	3.0
Andina Convencional	Bolas Unit. 2	1	16.0	24.0	2.7	3.0
Los Bronces	Bolas LB1	2	18.0	28.0	4.2	3.0
Los Bronces	Bolas LB2	1	24.0	35.0	10.9	3.0
Confluencia	Bolas	2	26.0	41.5	15.7	3.5
El Teniente Colón	Remolienda	1				1.0
TOTAL		32				

Aceptación de la Industria

TROMELES MAGNETICOS - PERU

- ❑ Y también han sido adoptados en importantes operaciones en **Perú**, donde se cuentan otras **20** instalaciones.
- ❑ No obstante, su positivo impacto sobre la **Eficiencia Energética** del proceso mismo de molienda – *reducción de consumos de energía específica (kWh/t), y por ende, mayores tonelajes de tratamiento (t/h)* – tal importante contribución ha pasado prácticamente inadvertida por parte de la industria.

APLICACIONES DE TROMELES MAGNETICOS EN PERU

Operación	Tecnología de Molienda	# de Molinos	Tamaño		Potencia, MW	Bolas de Recarga,
			D (pies)	L (pies)		
Antapacay	Bolas	2	26.0	40.0	15.2	3.5
Las Bambas	Bolas	3	26.0	40.0	15.2	3.0
Cerro Corona	Bolas	1	20.0	34.0	6.7	2.5
Cerro Verde 1	Bolas	4	24.0	36.0	11.2	2.5
Cerro Verde 2	Bolas	6	27.0	47.0	19.6	2.5
Toromocho	Bolas	2	28.0	44.0	20.1	3.0
Quellaveco Project	Bolas	2	28.0	44.0	20.1	3.0

TOTAL	20
--------------	-----------

Evaluaciones a Escala Industrial

TROMELES MAGNETICOS

❑ Se resume a continuación los resultados de **4** evaluaciones, a gran escala, en las siguientes operaciones específicas:

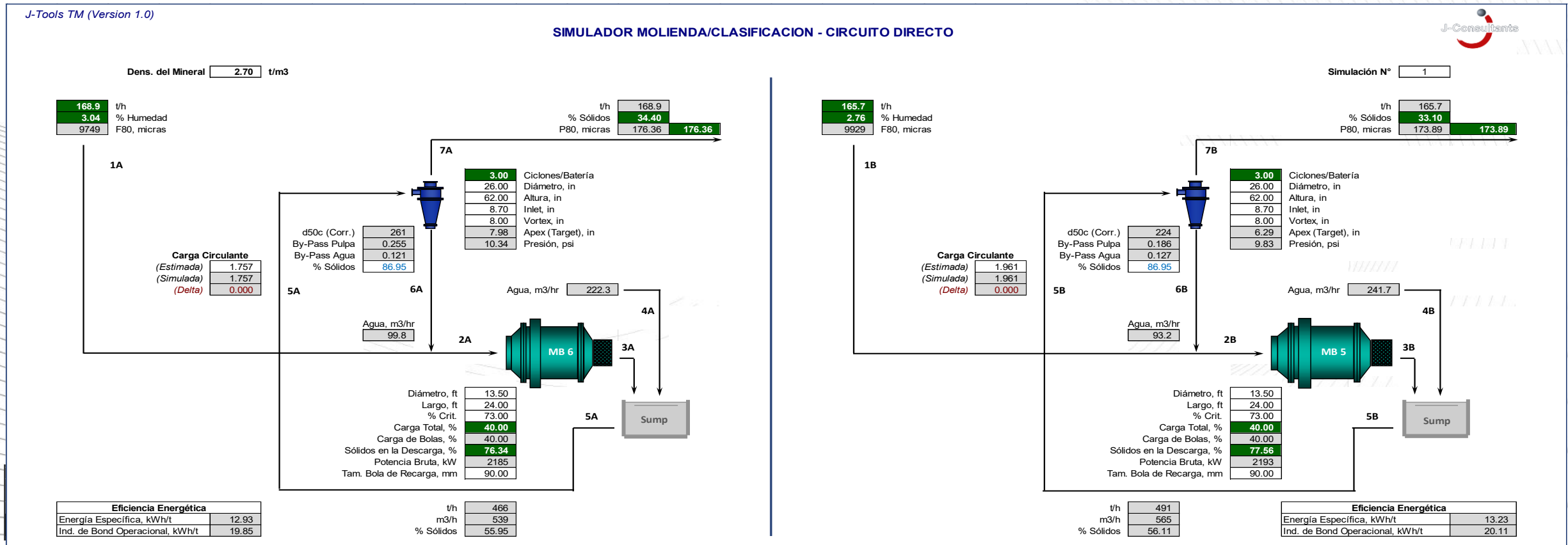
- **CODELCO, El Teniente** (2000)
- **CODELCO, Chuquicamata** (2002)
- **Minera Escondida Ltda.** (2001)
- **Minera Los Pelambres** (2000)



Caso 1

CODELCO, Div. El Teniente

- En Diciembre, 2000, **POLIMIN** reportó una serie de **5** campañas detalladas de muestreo en líneas similares y paralelas, con y sin **Tromel Magnético**, en **CODELCO, División El Teniente**.
- Las líneas seleccionadas para la evaluación fueron la **Línea 6 (Tromel Magnético)** vs. la **Línea 5 (Tromel Convencional)**, ambas parte de la actual **Concentradora Colón**.



Caso 1

CODELCO, Div. El Teniente

- En primera instancia, en términos de la **Energía Específica (kWh/t)** consumida – *claro indicador de la Eficiencia Energética del proceso* – los resultados promedio de los **5** muestreos indican una ventaja de **2.4%** de reducción, a favor del **Tromel Magnético**.

	Trommel Magnético						Trommel Convencional					
	7M	8M	9M	10M	11M	Promedio	7C	8C	9C	10C	11C	Promedio
Tratamiento, t/h	169.10	170.00	170.00	169.10	166.40	168.92	158.20	171.50	163.70	169.10	165.90	165.68
Potencia, kW	2187	2200	2200	2177	2159	2185	2227	2217	2214	2173	2132	2193
Energía Específica, kWh/t	12.93	12.94	12.94	12.88	12.97	12.93	14.08	12.93	13.52	12.85	12.85	13.25
F80, micras	9106	9847	9801	9892	10067	9743	9711	9759	9570	10057	10518	9923
P80, micras	173.79	185.21	180.64	171.57	187.90	179.82	169.31	194.20	163.74	176.82	189.18	178.65
Ind. de Trabajo Oper., kWh/t	19.79	20.41	20.13	19.42	20.60	20.07	21.10	20.97	19.91	19.70	20.41	20.42
%Sólidos O'flow	33.40	34.00	33.80	33.10	37.70	34.40	33.00	33.60	33.00	32.70	33.20	33.10
%Sólidos U'flow	79.00	78.70	78.80	80.60	79.30	79.28	76.00	77.80	75.70	76.40	77.50	76.68
Carga Circulante	1.69	1.76	1.87	1.68	1.56	1.71	2.02	2.08	2.21	2.49	2.32	2.22

Caso 1

CODELCO, Div. El Teniente

En un análisis más profundo, con ayuda del software **BallParam_Direct** de **Moly-Cop Tools 3.02** fue posible establecer los **Balances de Materiales**, por fracción granulométrica, de cada muestreo comparativo.

Trommel Magnético

Moly-Cop Tools™ (Version 3.0)

BALLPARAM_Direct : Simultaneous Mass Balance Closure and Grinding Parameters Estimation.

Circuit Type: **DIRECT** Sample N°: **11M**

Remarks: Tle. Colón - Molino 5 - Magnético

Mill Dimensions and Operating Conditions										1687 Balls		
Eff. Diam. ft	Eff. Length ft	Speed rpm	Charge Filling %	Balls Filling %	Interstitial Slurry Filling %	Lift Angle (°)	Overfilling Slurry	Charge Volume, m3	Ball Charge	Mill Charge Weight, tons	Apparent Density, ton/m3	
13.5	24.0	73.0	40.00	40.00	100.00	34.5	1687	38.99	181.29	30.03	0.00	
											2.70	
											1966	
											10.0	
											2185	

Cyclone Dimensions (inches) and Operating Pressure (psi)									
Number	Diameter	Height	Inlet	Vortex	Apex	psi			
3	26.0	62.0	8.70	8.00	6.50	10.00			
Default Values:							78.0 6.5 9.1 4.6		

EXPERIMENTAL SIZE DISTRIBUTIONS																		
i	Mesh	Opening	Mid-Size	Fresh Feed			Mill Discharge			Cyclone Feed			Cyclone U'flow			Cyclone O'flow		
				ton/hr	% Retained	% Passing	ton/hr	% Retained	% Passing	ton/hr	% Retained	% Passing	ton/hr	% Retained	% Passing	ton/hr	% Retained	% Passing
1	1.05	25400		0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
2	0.742"	19000	21968	0.29	0.17	99.83	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
3	0.525"	13500	16016	5.61	3.32	96.68	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
4	0.371"	9510	11331	30.12	17.83	78.85	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
5	3	6730	8000	30.67	18.16	60.69	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
6	4	4760	5660	18.70	11.07	49.62	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
7	6	3360	3999	16.26	9.62	40.00	13.78	3.00	97.00	13.78	3.00	97.00	2.90	1.00	99.00	0.00	0.00	100.00
8	8	2380	2828	10.22	6.05	33.95	18.37	4.00	93.00	18.37	4.00	93.00	11.62	4.00	95.00	0.00	0.00	100.00
9	10	1680	2000	8.03	4.75	29.20	33.44	7.28	85.72	45.04	15.51	79.49	0.02	0.01	99.99	0.00	0.00	100.00
10	14	1190	1414	6.51	3.86	25.34	16.08	3.50	82.22	17.70	6.10	73.39	0.06	0.04	99.95	0.00	0.00	100.00
11	20	841	1000	4.78	2.82	22.52	21.68	4.72	77.50	25.97	8.94	64.45	0.07	0.04	99.91	0.00	0.00	100.00
12	28	595	707	3.92	2.32	20.20	31.33	6.82	70.68	31.00	10.68	53.78	0.26	0.16	99.75	0.00	0.00	100.00
13	35	420	500	3.09	1.83	18.37	42.62	9.28	61.40	41.22	14.19	39.58	1.35	0.80	98.95	0.00	0.00	100.00
14	48	297	353	2.77	1.64	16.73	48.78	10.62	50.78	41.84	14.41	25.17	6.83	4.04	94.91	0.00	0.00	100.00
15	65	210	250	3.24	1.92	14.81	42.17	9.18	41.60	26.64	9.17	16.00	15.60	9.24	85.67	0.00	0.00	100.00
16	100	149	177	2.57	1.52	13.29	29.21	6.36	35.24	29.21	6.36	35.24	11.08	3.81	12.19	18.23	10.79	74.88
17	150	105	125	2.39	1.41	11.88	20.30	4.42	30.82	5.35	1.84	10.34	14.83	8.78	66.10	0.00	0.00	100.00
18	200	74	88	2.13	1.26	10.62	16.08	3.50	27.32	3.10	1.07	9.28	13.14	7.78	58.32	0.00	0.00	100.00
19	270	53	63	2.21	1.31	9.31	14.15	3.08	24.24	14.15	3.08	24.24	2.29	0.79	8.49	11.94	7.07	51.25
20	325	44	48	0.81	0.48	8.83	5.70	1.24	23.00	5.70	1.24	23.00	0.85	0.29	8.20	4.63	2.74	48.51
21	-325		22	14.92	8.83	0.00	105.64	23.00	0.00	105.64	23.00	0.00	23.80	8.20	0.00	81.95	48.51	0.00
Totals				168.92	100.00		459.32	100.00		459.32	100.00		290.40	100.00		168.92	100.00	

% Solids				Slurry Density, ton/m3				Weighting Factor					

Trommel Convencional

Moly-Cop Tools™ (Version 3.0)

BALLPARAM_Direct : Simultaneous Mass Balance Closure and Grinding Parameters Estimation.

Circuit Type: **DIRECT** Sample N°: **12C**

Remarks: Tle. Colón - Molino 5 - Convencional PROMEDIO

Mill Dimensions and Operating Conditions										1689 Balls		
Eff. Diam. ft	Eff. Length ft	Speed rpm	Charge Filling %	Balls Filling %	Interstitial Slurry Filling %	Lift Angle (°)	Overfilling Slurry	Charge Volume, m3	Ball Charge	Mill Charge Weight, tons	Apparent Density, ton/m3	
13.5	24.0	73.0	40.00	40.00	100.00	34.5	1689	38.99	181.29	30.48	0.00	
											2.70	
											1973	
											10.0	
											2193	

Cyclone Dimensions (inches) and Operating Pressure (psi)									
Number	Diameter	Height	Inlet	Vortex	Apex	psi			
3	26.0	62.0	8.70	8.00	6.50	10.00			
Default Values:							78.0 6.5 9.1 4.6		

EXPERIMENTAL SIZE DISTRIBUTIONS																		
i	Mesh	Opening	Mid-Size	Fresh Feed			Mill Discharge			Cyclone Feed			Cyclone U'flow			Cyclone O'flow		
				ton/hr	% Retained	% Passing	ton/hr	% Retained	% Passing	ton/hr	% Retained	% Passing	ton/hr	% Retained	% Passing	ton/hr	% Retained	% Passing
1	1.05	25400		0.29	0.17	99.83	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
2	0.742"	19000	21968	8.54	5.15	94.67	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
3	0.525"	13500	16016	5.61	3.32	96.68	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
4	0.371"	9510	11331	27.40	16.54	78.13	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
5	3	6730	8000	28.93	17.46	60.67	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
6	4	4760	5660	17.83	10.76	49.91	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
7	6	3360	3999	15.22	9.18	40.73	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
8	8	2380	2828	9.66	5.83	34.90	10.73	2.00	98.00	10.73	2.00	98.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
9	10	1680	2000	7.81	4.71	30.19	68.99	12.86	85.14	68.99	12.86	85.14	76.20	20.55	79.45	0.04	0.03	99.97
10	14	1190	1414	6.83	4.12	26.06	26.18	4.88	80.26	26.18	4.88	80.26	22.55	6.08	73.37	0.03	0.02	99.96
11	20	841	1000	4.65	2.81	23.26	25.11	4.68	75.58	25.11	4.68	75.58	31.86	8.59	64.78	0.06	0.05	99.91
12	28	595	707	3.67	2.21	21.04	34.23	6.38	69.20	34.23	6.38	69.20	9.27	55.51	0.23	0.14	99.77	
13	35	420	500	3.57	2.16	18.89	52.90	9.86	59.34	52.90	9.86	59.34	51.08	13.78	41.73	1.24	0.75	99.02
14	48	297	353	2.85	1.72	17.16	56.22	10.48	48.86	56.22	10.48	48.86	50.97	13.75	27.99	5.61	3.38	95.64
15	65	210	250	2.82	1.70	15.46	56.11	10.46	38.40	56.11	10.46	38.40	39.54	10.66	17.32	15.60	9.42	86.22
16	100	149	177	2.74	1.65	13.81	35.51	6.62	31.78	35.51	6.62	31.78	18.36	4.95	12.37	18.19	10.98	75.24
17	150	105	125	2.34	1.41	12.40	23.60	4.40	27.38	23.60	4.40	27.38	8.71	2.35	10.02	14.90	8.99	66.25
18	200	74	88	2.36	1.42	10.97	17.92	3.34	24.04	17.92	3.34	24.04	5.34	1.44	8.58	12.57	7.58	58.67
19	270	53	63	2.29	1.38	9.59	15.77	2.94	21.10	15.77	2.94	21.10	4.05	1.09	7.49	11.84	7.15	51.52
20	325	44	48	0.88	0.53	9.06	5.90	1.10	20.00	5.90	1.10	20.00	1.44	0.39	7.10	4.49	2.71	48.81
21	-325		22	15.00	9.06	0.00	107.29	20.00	0.00	107.29	20.00	0.00	26.33	7.10	0.00	80.87	48.81	0.00
Totals				165.68	100.00		536.47	100.00		536.47	100.00		370.79	100.00		165.68	100.00	

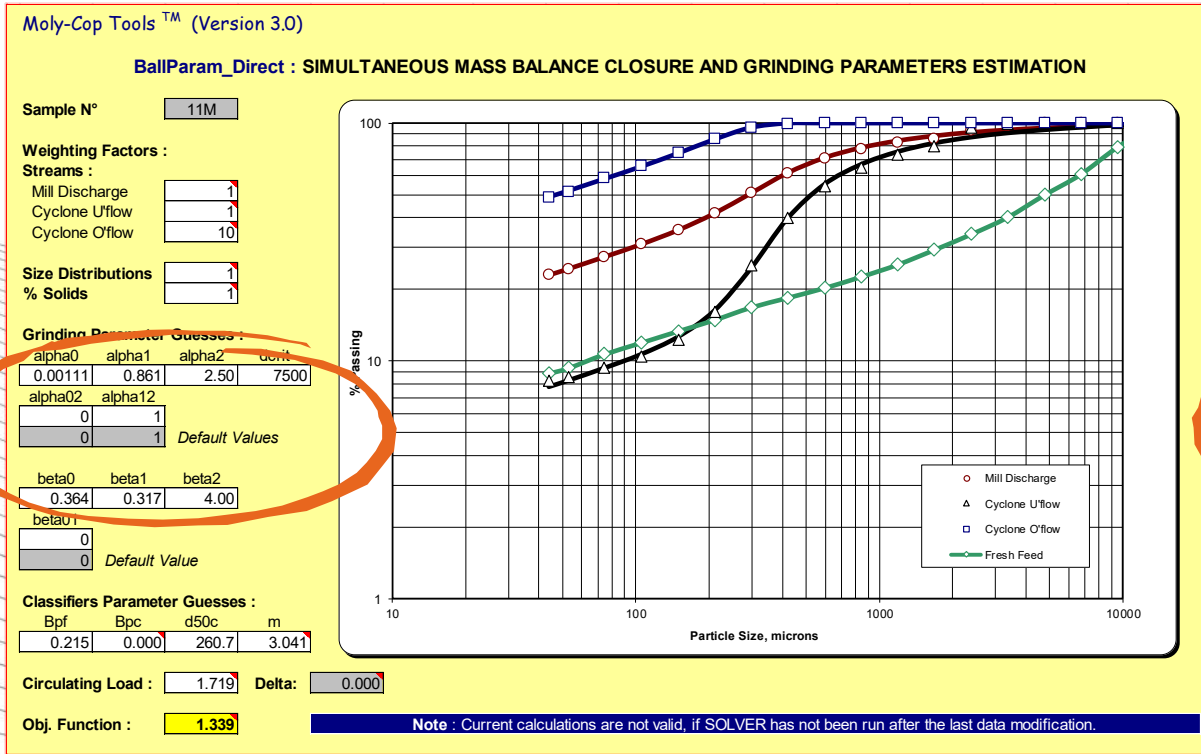
% Solids				Slurry Density, ton/m3				Weighting Factor					

Caso 1

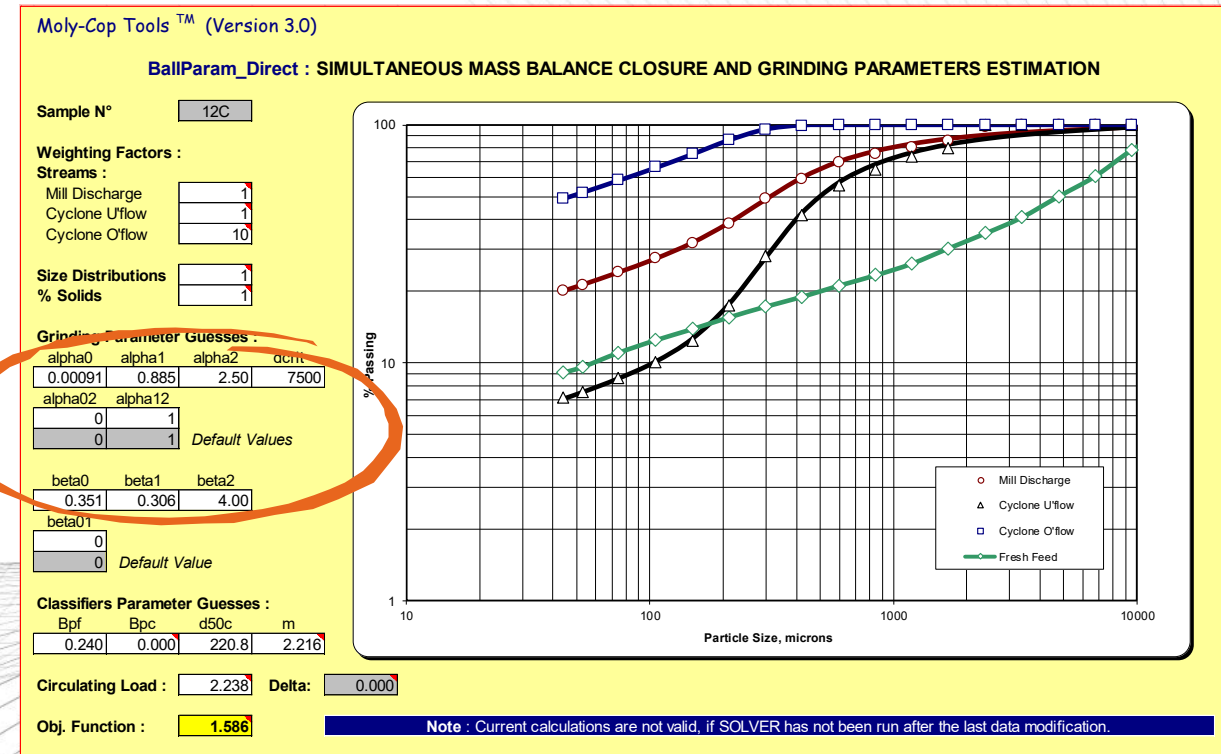
CODELCO, Div. El Teniente

❑ Fue posible también **Calibrar** el correspondiente **Modelo de Molienda/Clasificación** para los efectos de las simulaciones de **Homologación** posteriores.

Trommel Magnético



Trommel Convencional



Caso 1

CODELCO, Div. El Teniente

- ❑ Con el apoyo del simulador **BallSim_Direct** de **Moly-Cop Tools 3.02** fue posible **Homologar**, sobre una base estrictamente comparativa, las proyecciones para ambos tipos de **Tromel**.
- ❑ Las proyecciones indican que, equipada con **Tromel Magnético**, la línea podría entregar un **Tamaño de Producto, P80** casi **5 micras** más fino a igual **Tonelaje** o procesar un **3.28%** de mayor **Tonelaje** para el mismo **P80**.

Tonelaje, t/h
Potencia Molino, kW
Energía Específica, kWh/t
F80, micras
P80, micras
Índice de Trabajo Operacional, kWh/t
% Sólidos Rebalse Ciclones
% Sólidos Descarga Ciclones
Carga Circulante, %
Cortocircuito de Pulpa, °/1

Igual Tonelaje		
Trommel Convencional	Trommel Magnético	%
160.00	160.00	0.00
2186	2186	
13.66	13.66	
9836	9836	
172.4	167.7	-2.70
20.67	20.35	-1.57
34.0	34.0	
78.0	78.0	
182	171	
0.199	0.225	

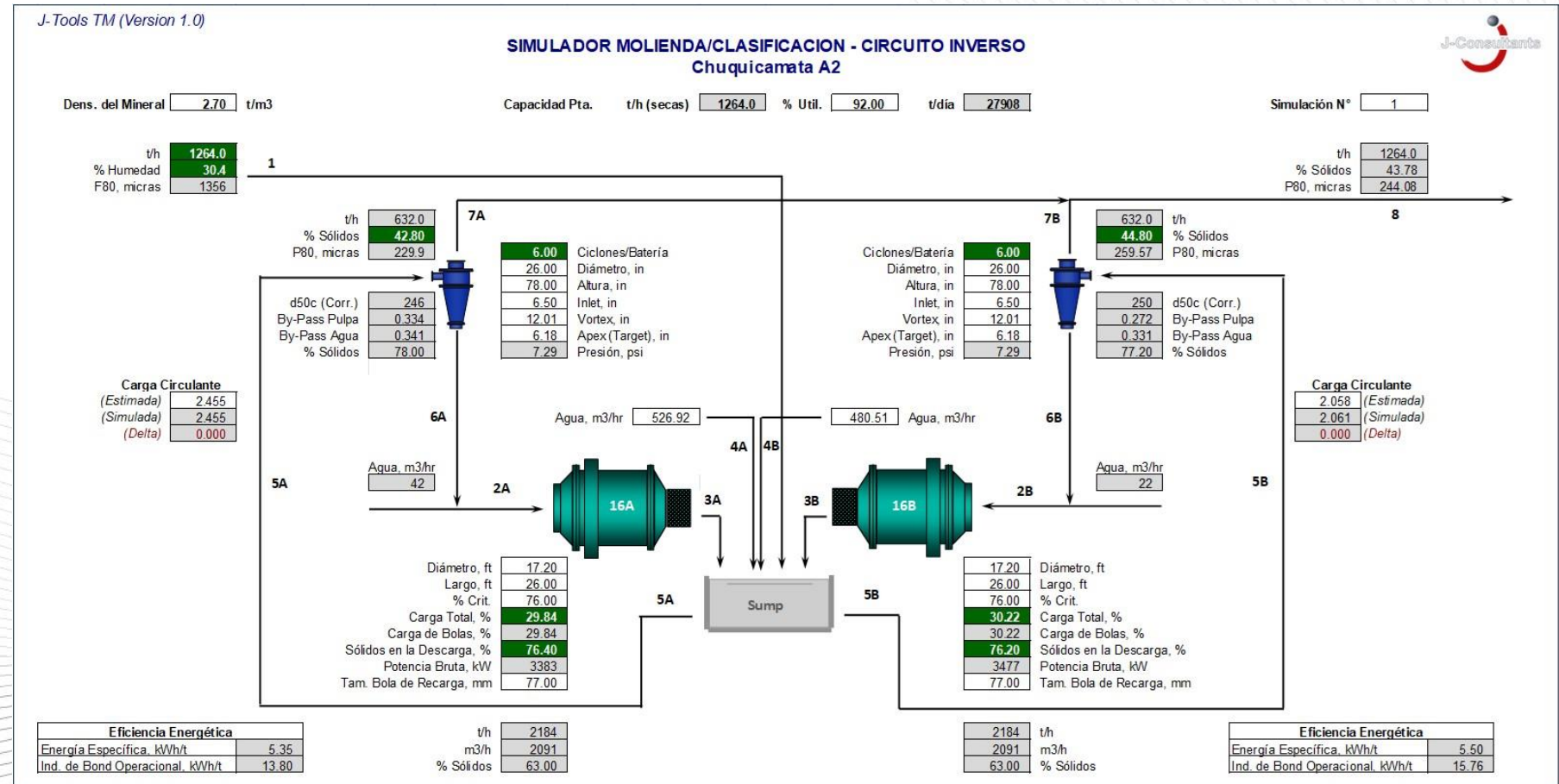
Igual Tamaño de Producto, P80		
Trommel Convencional	Trommel Magnético	%
157.40	162.56	3.28
2186	2186	
13.89	13.44	
9836	9836	
170.0	170.0	0.00
20.85	20.18	-3.18
34.0	34.0	
78.0	78.0	
177	176	
0.195	0.230	

Caso 2

CODELCO, Div. Chuquicamata

- En Marzo, 2002, **POLIMIN** reportó una serie de **5** campañas detalladas de muestreo en la **Concentradora A2** de **CODELCO, División Chuquicamata** en líneas paralelas, con y sin **Trommel Magnético**.
- Las líneas seleccionadas para la evaluación fueron la **Línea 16A (Tromel Magnético)** vs la **Línea 16B (Tromel Convencional)**.

- Cabe señalar que ambas líneas comparten el mismo sumidero lo que, en cualquier caso, tendería a diluir el impacto positivo del **Tromel Magnético**.



Caso 2

CODELCO, Div. Chuquicamata

- En promedio, las mediciones directas reportadas para cada uno de los **5** muestreos realizados indican una clara ventaja para el **Tromel Magnético**, que permite a la **Línea 16A** entregar **30 micras** de menor **P80**, asumiendo que el **Tonelaje Total de Alimentación al SAG** se reparte en proporciones iguales **50:50** para cada línea.

	Mediciones Promedio		
	Trommel Convencional	Trommel Magnético	%
Tonelaje, t/h	632	632	0.00
Potencia Molino	3477	3383	
Energía Específica, kWh/t	5.50	5.35	-2.70
F80, micras	1356	1356	
P80, micras	259.6	229.9	-11.43
Indice de Trabajo Operacional, kWh/t	15.76	13.80	-12.44
% Sólidos de Rebalse Ciclones	44.8	42.8	
% Sólidos de Descarga Ciclones	77.2	78.0	
Carga Circulante, %	206	246	
Cortocircuito de Pulpa, °/1	0.272	0.334	

Caso 2

CODELCO, Div. Chuquicamata

- ❑ Al igual que en el **Caso 1** anterior, se procedió a **Calibrar** el **Modelo de Molienda/Clasificación**, a partir de la información empírica disponible.
- ❑ Con el simulador debidamente calibrado, se determinó que la partición del flujo de alimentación fresca podía alterarse de **50:50** a **54:46**, a favor del **Molino 16A** equipado con **Tromel Magnético**, para así obtener igual **Producto P80** en ambas Líneas.

	Mediciones Promedio			Homologado a igual P80		
	Trommel Convencional	Trommel Magnético	%	Trommel Convencional	Trommel Magnético	%
Tonelaje, t/h	632	632	0.00	581.00	683.00	17.56
Potencia Molino	3477	3383		3477	3383	
Energía Específica, kWh/t	5.50	5.35	-2.70	5.98	4.95	-17.23
F80, micras	1356	1356		1356	1356	
P80, micras	259.6	229.9	-11.43	245.2	245.2	0.00
Indice de Trabajo Operacional, kWh/t	15.76	13.80	-12.44	16.32	13.49	-17.34
% Sólidos de Rebalse Ciclones	44.8	42.8		44.8	42.8	
% Sólidos de Descarga Ciclones	77.2	78.0		75.9	79.2	
Carga Circulante, %	206	246		208	244	
Cortocircuito de Pulpa, °/1	0.272	0.334		0.287	0.324	

Caso 3

Minera Escondida Ltda. (MEL)

- En Febrero, 2001, **POLIMIN** reportó un total de **8** controles comparativos entre los rendimientos y condiciones operacionales de los molinos **1** (con **Tromel Magnético**) y **4** (con **Tromel Convencional**) en **Planta Los Colorados** de **MEL**.

Control	Molino 1 (Trommel Magnético)							Molino 4 (Trommel Convencional)						
	Alim t/h	Potencia kW	Energía kWh/t	F80 (est) micras	+100# %	P80 (est) micras	Wio kWh/t	Alim t/h	Potencia kW	Energía kWh/t	F80 (e) micras	+100# %	P80 (e) micras	Wio kWh/t
1	515.0	3746.0	7.27	7000	28.0	185.2	11.82	618.5	4127	8.01	7000	32.0	207.6	13.95
2	502.5	3754.0	7.47	7000	28.0	185.2	12.14	545.5	4125	8.21	7000	30.0	195.9	13.80
3	466.0	3766.0	8.08	7000	29.0	190.4	13.36	682.0	4129	8.86	7000	29.0	190.4	14.64
4	377.0	3778.0	10.02	7000	28.0	185.2	16.29	418.5	4138	10.98	7000	32.0	207.6	19.11
5	415.0	3793.0	9.14	7000	30.0	195.9	15.36	549.5	4153	10.01	7000	31.0	201.6	17.11
6	412.5	3807.0	9.23	7000	29.0	190.4	15.25	588.5	4168	10.10	7000	32.0	207.6	17.59
7	440.0	3975.0	9.03	7000	30.0	195.9	15.19	633.5	4136	9.40	7000	34.0	220.4	16.96
8	487.5	3977.0	8.16	7000	30.0	195.9	13.71	621.5	4094	8.40	7000	36.0	234.4	15.74
Prom.	451.9	3824.5	8.55	7000	29.0	190.5	14.14	582.2	4133.8	9.25	7000	32.0	208.2	16.11

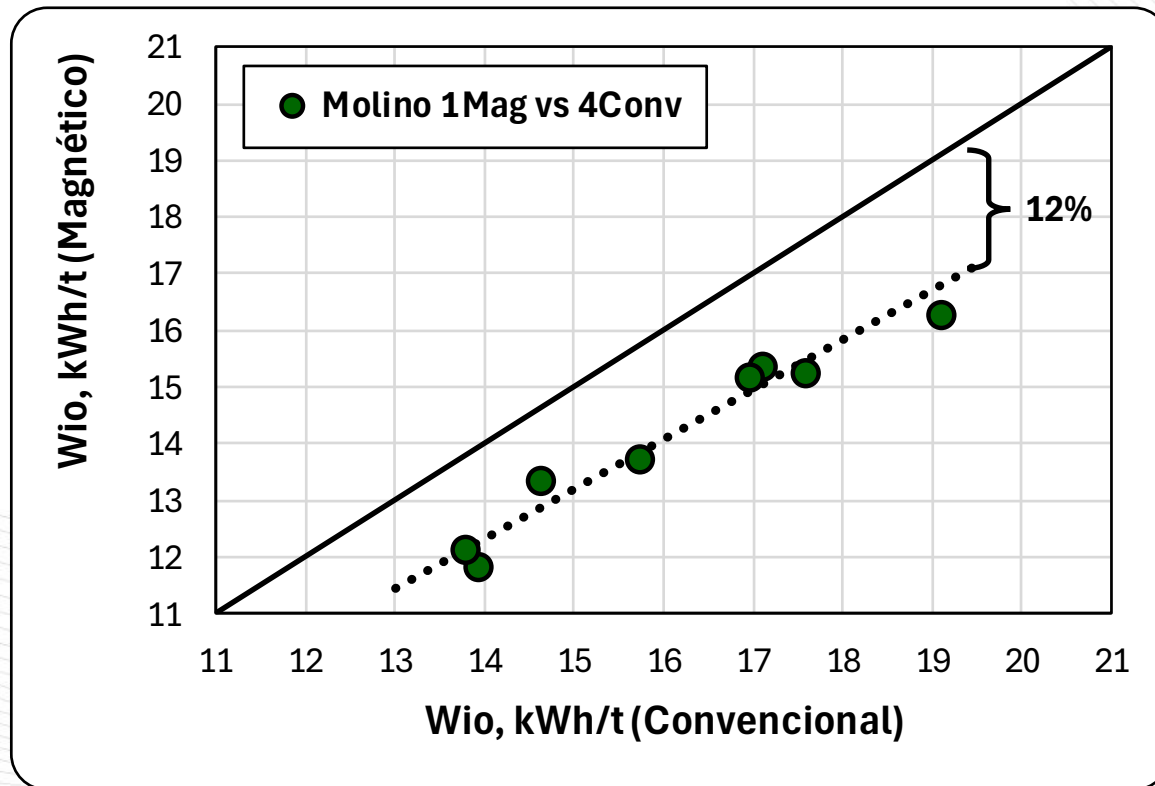
- Nota: Los valores de **P80** fueron estimados a partir de las mediciones **% +100#**, bajo la relación **Gates-Gaudin-Schumann**:

$$P80 = 150 * (0.8 / (1 - \% +100\# / 100))^{(1/n)}$$
donde el exponente '**n**' toma un valor **0.5**, característico de perfiles granulométricos de alimentación a **Flotación**.

Caso 3

Minera Escondida Ltda. (MEL)

- Se observó una reducción consistente en el **Índice de Trabajo Operacional (kWh/t)** del orden de **12%** a favor del **Molino 1 (con Tromel Magnético)** versus el **Molino 4 (con Tromel Convencional)**.



Caso 4

Minera Los Pelambres

- En Noviembre, 2000, **POLIMIN** reportó un total de **20** controles comparativos entre los rendimientos y condiciones operacionales de los molinos **4** (con **Tromel Magnético**) y **5** (con **Tromel Convencional**) en **Planta Los Pelambres** de AMSA.

Control	Alim Fresca t/h	Molino 4 (Trommel Magnético)						Molino 5 (Trommel Convencional)					
		Potencia kW	Energía kWh/t	F80 (est) micras	+100# %	P80 (est) micras	Wio kWh/t	Potencia kW	Energía kWh/t	F80 (e) micras	+100# %	P80 (e) micras	Wio kWh/t
1	2772	7272	5.25	5000	31.2	203	9.36	7285	5.26	5000	42.5	290	11.80
2	2758	7188	5.21	5000	31.2	203	9.29	7354	5.33	5000	36.6	239	10.54
3	2478	7290	5.88	5000	31.0	202	10.45	7584	6.12	5000	32.5	211	11.18
4	2745	7207	5.25	5000	36.5	238	10.36	7355	5.36	5000	41.2	278	11.68
5	2827	7143	5.05	5000	34.3	222	9.55	7341	5.19	5000	40.0	267	11.03
6	2750	7091	5.16	5000	35.9	234	10.06	7239	5.26	5000	38.8	256	10.89
7	2863	7181	5.02	5000	36.4	237	9.88	7270	5.08	5000	41.2	278	11.07
8	2722	7112	5.23	5000	34.9	227	9.99	7168	5.27	5000	41.6	281	11.58
9	2975	7113	4.78	5000	36.3	237	9.40	7385	4.96	5000	38.7	255	10.25
10	2863	7076	4.94	5000	34.5	224	9.38	7260	5.07	5000	38.0	250	10.32
11	2725	7199	5.28	5000	29.0	190	9.06	7531	5.53	5000	37.7	247	11.18
12	2658	7277	5.48	5000	27.9	185	9.21	7620	5.73	5000	35.8	233	11.16
13	2763	7267	5.26	5000	29.6	194	9.11	7788	5.64	5000	34.7	225	10.74
14	2742	7262	5.30	5000	30.3	198	9.29	7495	5.47	5000	38.2	251	11.17
15	2862	7321	5.12	5000	30.6	199	9.02	7427	5.19	5000	37.8	248	10.52
16	2861	7416	5.18	5000	30.8	200	9.18	7633	5.34	5000	41.4	280	11.68
17	2520	7237	5.74	5000	25.4	173	9.27	7254	5.76	5000	29.6	194	9.98
18	2496	7248	5.81	5000	25.1	171	9.32	7264	5.82	5000	29.8	195	10.12
19	2701	7006	5.19	5000	24.9	170	8.30	7157	5.30	5000	31.2	203	9.45
20	2643	7029	5.32	5000	24.4	168	8.44	7225	5.47	5000	30.7	200	9.66
Promedio	2736	7197	5.27	5000	31.0	204	9.40	7382	5.41	5000	36.9	244	10.80

Caso 4

Minera Los Pelambres

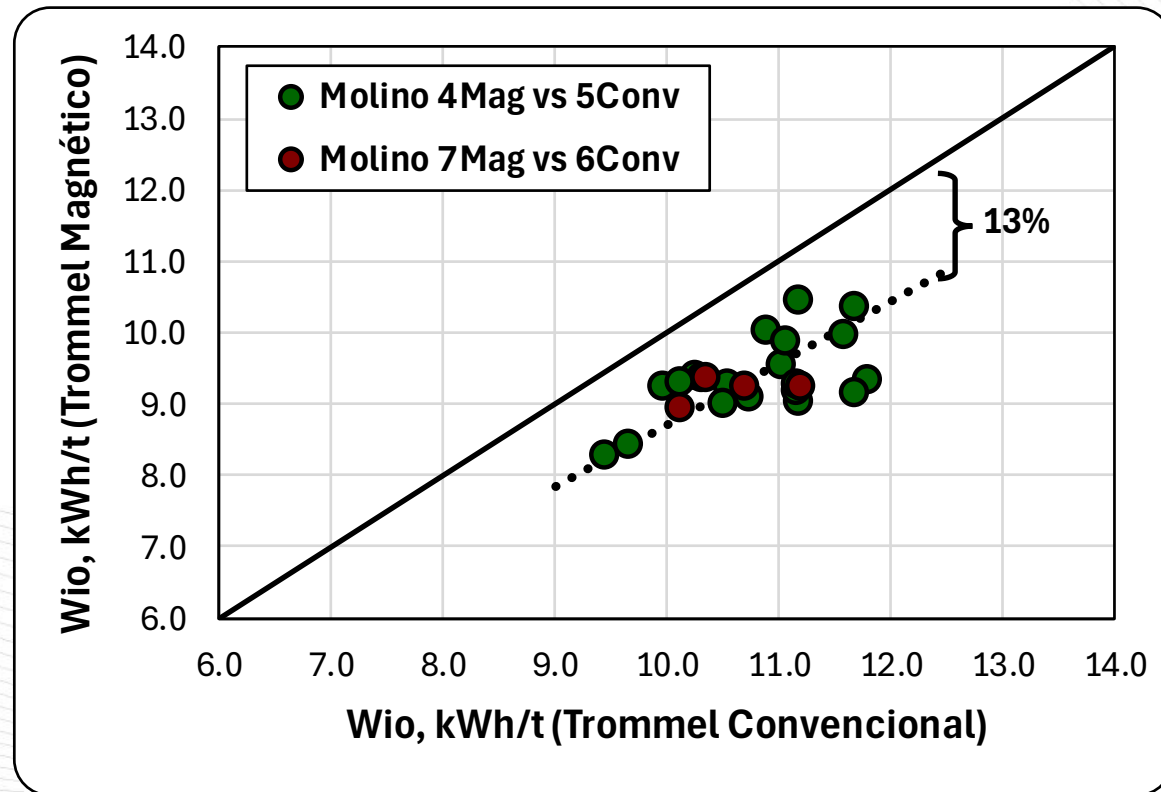
- Adicionalmente, se realizaron otros 5 controles comparativos entre los rendimientos y condiciones operacionales de los molinos 7 (con **Tromel Magnético**) y 6 (con **Tromel Convencional**) en **Planta Los Pelambres** de AMSA.

Control	Alim Fresca t/h	Molino 7 (Trommel Magnético)						Molino 6 (Trommel Convencional)					
		Potencia kW	Energía kWh/t	F80 (est) micras	+100# %	P80 (est) micras	Wio kWh/t	Potencia kW	Energía kWh/t	F80 (e) micras	+100# %	P80 (e) micras	Wio kWh/t
1	2611	7346	5.63	5000	24.6	169	8.96	8066	6.18	5000	26.4	177	10.13
2	2381	6900	5.80	5000	24.9	170	9.27	8005	6.72	5000	27.3	182	11.19
3	1533	6939	9.05	5000	17.2	140	12.86	7904	10.31	5000	20.5	152	15.39
4	2139	6495	6.07	5000	21.9	157	9.26	7235	6.77	5000	24.2	167	10.70
5	2202	6235	5.66	5000	27.0	180	9.38	6592	5.99	5000	29.5	193	10.36
Promedio	2123	6814	6.61	5000	23.3	164	10.25	7560	7.19	5000	25.6	174	11.56

Caso 4

Minera Los Pelambres

- Se observó una reducción consistente en el **Índice de Trabajo Operacional (kWh/t)** del orden de **13%** a favor de los molinos equipados con **Trommel Magnético** versus los molinos con **Trommel Convencional**.



Comentario Final

- Las evaluaciones a gran escala, aquí reseñadas, indicaron consistentemente que los **Tromeles Magnéticos** – además de eliminar efectivamente los núcleos y fragmentos de bolas (**'chips'**) que producen **desgaste excesivo** de las bombas, ductos, cajones de traspaso e hidrociclones – pueden tener también un enorme impacto positivo sobre la **Eficiencia Energética** de los procesos de **Molienda Convencional**.

Caso	Operación	Indice de Trabajo Operacional, kWh/t		
		Trommel Convencional	Trommel Magnético	% Reducción
1	Teniente	20.85	20.18	3.21
2	Chuquicamata	16.32	13.49	17.34
3	Escondida	16.11	14.14	12.23
4	Pelambres	10.80	9.40	12.96
	Pelambres	11.56	10.25	11.33

IMPACTO DE LOS TROMBELES MAGNETICOS SOBRE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN PROCESOS DE MOLIENDA CONVENCIONAL

- Jaime E. Sepúlveda, J-Consultores Ltda.
 - Carlos Stipicic B., POLIMIN Chile
 - Carlos Stipicic V., POLIMIN Chile
 - Alejandro Rodríguez, POLIMIN Chile