

# REMOLIENDA DE MIXTOS EN PLANTA CONCENTRADORA DE ZINC SOCIEDAD MINERA AUSTRIA DUVAZ SAC

## REGRIND OF MIXED ZINC CONCENTRATOR PLANT MINING SOCIETY AUSTRIA DUVAZ SAC

David Vílchez Palomares<sup>1</sup>, Alberto Medina Ureta<sup>2</sup>, Cesar Coronel Tineo<sup>2</sup>

### RESUMEN

En la actualidad la mayor parte de los circuitos de flotación de zinc de la Minería Peruana cuentan con circuitos de remolienda, estas pueden ser: Cerrada cuando los remolidos retornan a la alimentación general de flotación y Abierta cuando los remolidos son flotados en una etapa cleaner-scavenger y las colas van directamente al relave. En este trabajo la remolienda se llevo a cabo con un molino Águila de 4' x 6" cuyo radio de reducción del circuito fue de 1.11 con lo cual se logro incrementar la recuperación de Zinc en un 2% con una recuperación de la inversión en un periodo aproximado de 3 meses.

**Palabras claves:** remolienda de mixtos, flotación de zinc, optimización de molienda, balance de carga.

### ABSTRACT

At present most of the zinc flotation circuits of the Peruvian Mining remilling circuit feature, it can be closed when the remillings return to the general feed of flotation and open when remillings are floated in a cleaner- scavenger stage and the tails go directly to the tailings. This work was carried out on a mill Eagle 4'x 6" with 1.11 in the reduction radius of circuit, was thusable to increase zinc recovery by 2%, with a payback in a period of approximately 3 months.

**Keywords:** regrinding of mixed, zinc flotation, grinding optimization, load balancing

---

<sup>1</sup> Asist. Spte. Planta Conc Soc. Minera Austria Duvaz

<sup>2</sup> Egresados EAP de Ingeniería Metalúrgica, UNMSM

## I.- INTRODUCCIÓN

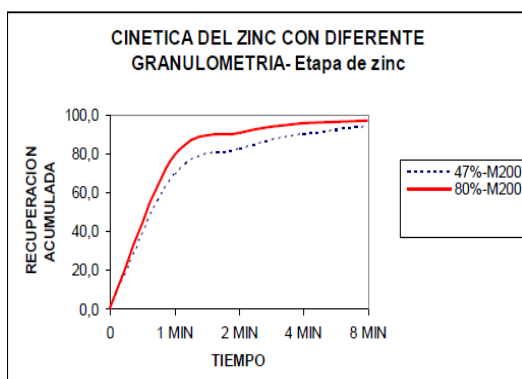
La remolienda de zinc esta conceptuada para mejorar la flotabilidad de los valores de zinc que por ser gruesos tienen una cinética de flotación muy lenta y que normalmente se pierden en las fracciones gruesas de los relaves finales. Quienes hacen remolienda saben que se trata de disminuir los gruesos de lenta flotabilidad de las cargas circulantes de valores de zinc donde Argentum no podía ser la excepción.

### 1.1 OBJETIVO

La remolienda de zinc esta conceptuada para mejorar la flotabilidad de los valores de zinc que por ser gruesos tienen una cinética de flotación muy lenta y que normalmente se pierden en las fracciones gruesas de los relaves finales.

## II.- CONSIDERACIONES SOBRE LA FLOTACION DE ESFALERITA DE GRANO GRUESO Y FINO

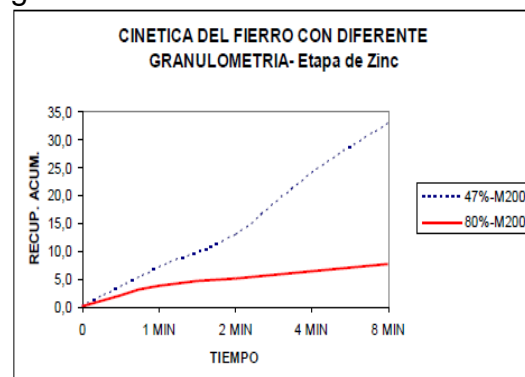
Inicialmente se hizo un estudio de cinética de flotación batch, para comparar la flotación de la etapa zinc variando condiciones de molienda (ver resultados en el Anexo II) y que gráficamente determina lo siguiente:



**Figura 1:** CINÉTICA DEL ZINC CON DIFERENTE GRANULOMETRIA

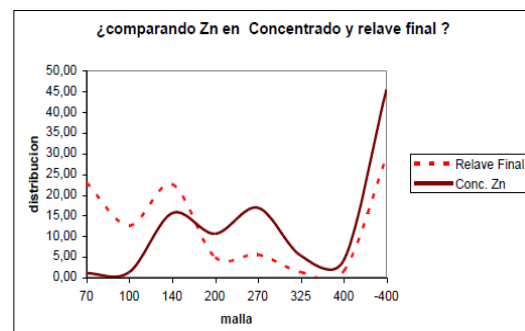
Observación: La línea roja (continua) corresponde a una

flotación de esfalerita en grano más fino, la cinética es superior que cuando es gruesa, existe una ventaja técnica para la flotabilidad del zinc, esta ventaja es más apreciada si se considera el siguiente gráfico en que se confirma que el fierro en finos es más fácilmente deprimido que cuando es grueso.



**Figura 2:** CINÉTICA DEL FIERRO CON DIFERENTE GRANULOMETRÍA

### ¿COMO SE RATIFICA QUE SON LOS FINOS DE ZINC LOS MAS FAVORABLES EN LA FLOTACION?



**Figura 3:** COMPARANDO EL ZN EN CONCENTRADO Y RELAVE FINAL

Como se ve claramente en la Figura 3, la línea correspondiente al contenido de zinc en las fracciones gruesas del Concentrado de zinc (línea continua marrón) es fuertemente menor que el contenido de zinc en las mismas fracciones gruesas del relave (línea de puntos roja).

Obviamente el contenido de zinc en los finos del concentrado de zinc, es mucho mayor a partir de la malla 200 hasta -m400; y es hacia esa zona a la que se conducirían los valores de zinc de las fracciones gruesas del relave 1ra. Limpieza y espumas scavenger luego de hacer remolienda, teniendo como resultado una mejor recuperación general de zinc en los minerales de Austria Duvaz.

### III.- PRUEBAS EXPERIMENTALES

Para la prueba industrial de remolienda se tomaron las siguientes condiciones de partida:

1. Remoler espumas del scavenger de zinc y relave de 1ra limpieza de zinc, ambos flujos recircularán juntos y serán derivados al circuito provisional de remolienda.
2. El circuito de molienda se acondiciona un molino de bolas 4' x 6' con bolas de 3", fue cambiado completamente de carga de bolas a 100% 1/2" de diámetro, un peso total de 3 toneladas.
3. Durante toda la prueba en el proceso industrial la alimentación de mineral fresco fue continuo.
4. El circuito de remolienda será cerrado, es decir la pulpa de rebose del ciclón será alimentada a la cabeza de flotación de zinc.

#### 3.1 MAQUINARIA UTILIZADA

El circuito provisional de remolienda para la prueba industrial es el que corresponde al circuito actual Stand By de molienda N° 4 primaria y queda conformado por el siguiente equipo:

1. Molino de bolas 4'X6'
2. Bomba de Pulpa Denver SRL 4"x3"
3. Ciclón D6

#### 3.2 PARAMETROS IMPORTANTES

MALLAS	% en Peso Retenido				
	MIXTOS	D. Mol	Alimento Cic.	O/F	U/F
70	5.0	2.0	2.2	0.5	3.4
100	4.0	3.3	2.9	0.2	4.7
140	13.5	23.0	17.2	2.6	25.3
200	9.5	25.2	18.0	6.8	29.4
325	17.5	25.5	20.4	20.2	23.9
-325	51.0	20.9	39.2	69.7	13.4
DATOS DEL CIRCUITO					
F80(μ)	106	121	107.0	54	134
% Sólidos	0.25	0.71	0.39	0.27	0.71
Densidad gr/lt	1250	2320	1450	1276	2320
GPM pulpa	96	22	118	87.2	22
TMSH	6.8	8.2	15	6.8	8.2
GPM Agua	90	15	104	81	15

Tabla N° 1 Análisis Granulométrico en el Circuito de Remolienda.

#### 3.3 PARÁMETROS DEL CIRCUITO DE REMOLIENDA

PARAMETROS IMPORTANTES DEL CIRCUITO		
D50	46 micrones	(malla 325 Tyler)
ARENAS/REBOSE	120%	(carga circulante del Circuito de remolienda)
R80	1,11	(Radio de reducción al 80%)
Eficiencia	82%	(respecto del corte D50)
bp	7	(relación de agua en alimento/agua en arenas)

Tabla N°2 Parametros del circuito.

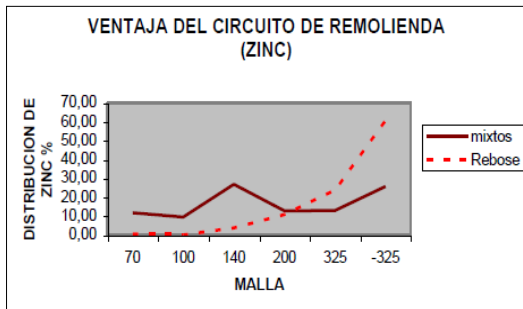
Del cuadro anterior (Tabla N° 2) se explican los siguientes parámetros físicos del circuito del circuito de remolienda:

1. El corte de clasificación en el ciclón D50 Ocurrió en malla 325 Tyler, siendo el resultado 46 micrones.
2. La relación en peso de Carga circulante (UF/OF) por análisis granulométrico fue de 120%
3. La eficiencia de clasificación respecto del corte D50 (46 μ) es de 82%, siendo un resultado excelente.
4. El bypass o cortocircuito, que representa el arrastre de finos hacia las arenas es aceptable y solo 7, se obtiene dividiendo el agua del alimento al ciclón entre el agua de las arenas.

#### 3.4 CONFIRMACIÓN DE LA VENTAJA DE REMOLER MEDIANTE ENSAYE QUÍMICO

Todos los parámetros analizados anteriormente indican que la prueba industrial en lo que se refiere a reducción de tamaño de granos por molienda y clasificación ha cumplido

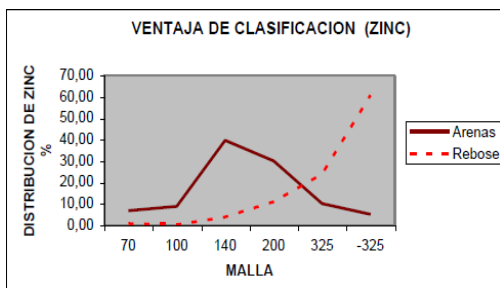
con su objetivo. Ahora falta analizar si esta reducción de tamaños fue una ventaja de reducción sobre los valores de zinc, para ello se hizo el ensaye químico por mallas de todos los productos del circuito, los resultados se tienen en la tabla 1, gráficamente explican lo siguiente:



**FIGURA 4: VENTAJA DEL CIRCUITO DE REMOLIENDA (ZINC)**

La ventaja de remoler debe ser buena si los valores de zinc que ingresan como mixtos (línea continua marrón) en las fracciones mayores a m140, que representan a los gruesos se trasladan hacia la zona de finos (menores a malla 325) del rebose del ciclón (línea de puntos roja). Eso es justamente lo que se aprecia. Entonces se puede asegurar que durante la prueba industrial de remolienda si hubo una disminución favorable de tamaño de los granos de esferita.

También es conveniente analizarla clasificación del ciclón:

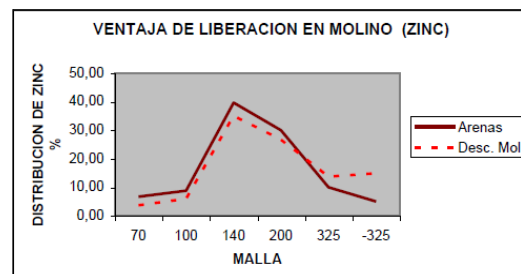


**FIGURA 5: VENTAJA DE CLASIFICACIÓN (ZINC)**

En el gráfico N°5 se aprecia que los valores de zinc de las arenas (línea marrón continua) están concentrados en las fracciones gruesas (>m140), por lo tanto

ingresan adecuadamente al molino a remolarse. Por otro lado, en el rebose del ciclón, que retorna al circuito de flotación, el zinc recirculante está concentrado en las mallas más finas (línea roja de puntos) que se entiende favorable al circuito de zinc por su mayor cinética de flotación.

Es necesario también analizar si hubo liberación de zinc en el molino, para ello comparamos la distribución del zinc de las arenas del ciclón y la descarga del molino, gráficamente se aprecia del siguiente modo:



**FIGURA 6. VENTAJAS DE LIBERACIÓN EN EL MOLINO (ZINC)**

En la figura N°6 es notorio que la reducción de tamaños de las arenas ha sido sostenida en prácticamente todos los tamaños de malla y que estos fueron a incrementar el Contenido de malla -325 (observar el cruce de líneas), indicando que el Cambio de bolas del molino a tamaños 1" si fue una decisión acertada.

**Observaciones adicionales:**

- . Rol de la alcalinidad: Durante la Operación del circuito de remolienda se obtuvo una mejor impresión de la sensibilidad del Circuito al pH de flotación rougher.
- . Sistema de agua para canaletas: El circuito de remolienda mostró que los errores en exceso de agua son muy imponentes de superar si se trata de mejorar los resultados.

. Sensibilidad general del Circuito de flotación de zinc: La prueba de remolienda mostró fundamentalmente un incremento de 2% en la recuperación de zinc sobre los valores históricos.

#### IV.- DISCUSION

Sin remolienda los relaves finales promedios en zinc en Concentradora Austria Duvaz son 0.55%, durante el período en que se uso la remolienda se observo que los relaves bajaron a un promedio de 0.35%, esta diferencia de relaves significo lograr recuperaciones adicionales de zinc 2% mayores al 88% histórico.

#### BALANCE COMPARATIVO DE TRATAMIENTO CON Y SIN REMOLIENDA

SIN REMOLIENDA		LEYES					DISTRIBUCIÓN			
PRODUCTO	TMS	%Pb	%Zn	%Cu	oz/TC Ag	%Pb	%Zn	%Cu	oz/TC Ag	
CABEZA	30000	3.04	5.96	0.36	4.4	100.00	100.00	100.00	100.00	
CONC.Pb	944.73	68.04	4.84	1.58	65.26	0.54	2.55	13.75	46.75	
CONC.Cu	93.65	5	6.51	27.71	104.06	0.51	0.34	23.97	7.39	
Conc.Pb 2	214.73	56.04	6.36	2.77	107.48	13.21	0.76	5.49	17.50	
CONC.Zn	2883.34	2.03	55.49	1.14	5.28	6.41	89.42	30.29	11.54	
RELAVE FINAL	25866	0.33	0.48	0.11	0.86	9.33	6.93	26.51	16.82	
30/09/2010 Acum.mes						83.75	89.42	23.97	71.64	

CON REMOLIENDA		LEYES					DISTRIBUCIÓN			
PRODUCTO	TMS	%Pb	%Zn	%Cu	oz/TC Ag	%Pb	%Zn	%Cu	oz/TC Ag	
CABEZA	6325	2.71	5.53	0.43	4.22	100.00	100.00	100.00	100.00	
CONC.Pb	182.32	67.24	4.19	2.11	70.11	71.59	2.18	14.20	47.92	
CONC.Cu	26.71	5.04	6.81	27.33	79.82	0.79	0.52	26.90	7.99	
Conc.Pb 2	40.6	51.62	6.68	2.51	105.49	12.24	0.78	3.75	16.05	
CONC.Zn	587.57	2.31	54.53	1.53	6.45	7.94	91.57	33.23	14.20	
RELAVE FINAL	5487.86	0.23	0.32	0.11	0.67	7.45	4.96	21.92	13.83	
1RA.sem. Noviembre						83.83	91.57	26.90	71.97	

**Tabla N° 2** Balance comparativo Con y Sin molenda

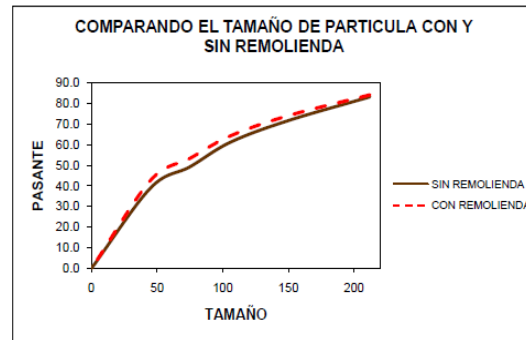
El análisis de ambos balances Metalúrgicos muestra la ventaja de Recuperación de zinc en 2% adicional.

#### ANALISIS DE MALLA DE RELAVES CON Y SIN REMOLIENDA

Es una preocupación el hecho de que remoler pueda afectar la calidad del material enviado a relleno hidráulico, un análisis granulométrico del relave final, correspondiente al periodo previo a remolienda y con remolienda indica lo siguiente:

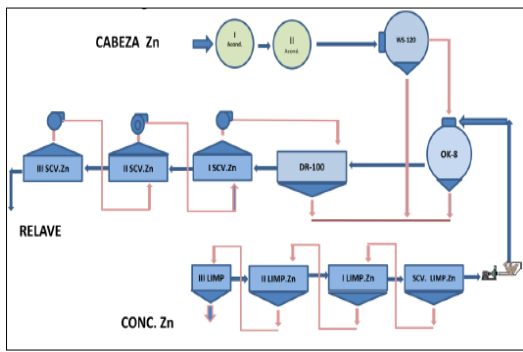
MALLA	SIN REMOLIENDA		CON REMOLIENDA	
	% Peso	% Ac(+)	%Peso	%Ac(+)
70	16,70	16,70	15,70	15,70
100	11,50	28,20	10,10	25,80
140	10,47	38,67	9,80	35,60
200	12,00	50,67	10,97	46,57
325	10,27	60,94	10,67	57,24
-325	39,07	100,00	42,77	100,00

Tabla N°3 Análisis de relaves.

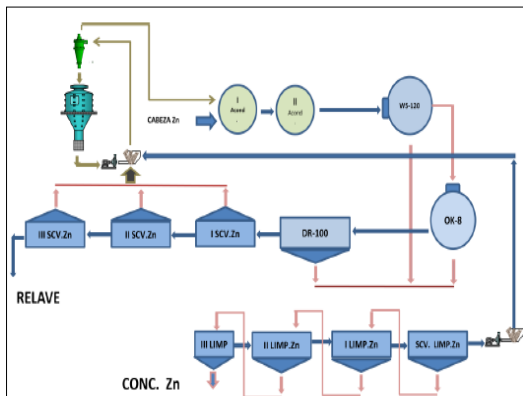


**Figura 7:** comparando el tamaño de partícula con y in remolienda

Como se puede observar (ver Tabla N°5), no hay una variación sustantiva en la distribución granulométrica de los relaves finales; malla a malla la disminución de 1% en peso no afectara fuertemente el comportamiento de este material durante el proceso de cicloneo para relleno hidráulico. Esto fue corroborado por mina que durante el periodo de prueba de remolienda no tuvo inconveniente en sus labores en relleno.



**Figura 8:** DIAGRAMA DE FLUJO SIN REMOLIENDA



**Figura 9:** DIAGRAMA DE FLUJO CON REMOLIENDA

## VI.- JUSTIFICACION ECONOMICA

Para un tratamiento de 30000 toneladas/mes, de ley 5.5% de zinc, con una recuperación de 88% se tienen 2640 Toneladas de concentrado de zinc con un grado 55% Zn, si la recuperación incrementa 1%, significara mensualmente 30 TM de concentrado de zinc adicionales con el mismo grado. Si la valorización de una tonelada de concentrado indica un valor neto de US\$ 234.16, mensualmente se tendrán valores de venta adicionales de  $30 \times 234.16 = 7024.8$  \$US.

Por otro lado, considerando como base un tratamiento de 30,000 TMS/mes de un mineral de 5.5% Zn y con una recuperación de 88%, se tiene una producción de 2640 TMS de concentrado de zinc en un mes, si la ley es 0.5% mayor las

toneladas de concentrado de zinc en un mes Serian 2593.

De acuerdo a una valorización de concentrados de zinc con 55% de grado se tiene un neto pagable de 234.16 US\$/tonelada y con un punto adicional (56% Zn) el neto pagable incrementa a 240.96 US\$, esta diferencia de 6.8 USS por cada tonelada producida, en un mes significan  $2593 \times 240.96 - 2640 \times 234.16 = 6,626.8$  USS adicionales.

Por lo anterior si la inversión aproximada de Argentum para el circuito de remolienda será 40,000 US\$; entonces el retorno de la inversión aproximado es  $40,000 / (7024.8 + 6626.88) = 3$  meses.

## VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La esfalerita de grano no tiene mayor cinética de flotación que cuando está en grueso.

Un análisis granulométrico de distintos productos del circuito de flotación de zinc muestra Claramente que el zinc que esta re circulando a cabeza (espumas scavenger + relaves de 1ra. Limpieza) esta mayormente distribuido en las mallas mayores a 106 micrones (m 140 Tyler).

□ Un análisis valorado de los relaves indica que no menos del 50% de valores de Zinc que se pierden en los relaves están depositados en las mallas gruesas.

□ La prueba industrial ha mostrado una ventaja favorable en la recuperación de valores de zinc.

La prueba industrial de remolienda ha permitido establecer los parámetros de Corte de clasificación, radio de reducción, eficiencia de clasificación, flujos de pulpa y considerar suficiente los equipos usados.

Mayor ingreso por ventas de concentrado de zinc garantiza un

retorno de inversión en 3 meses  
(Ver Anexo No, 1)

minerales". Edit: Noriega Limusa  
1990 México, España.

### VIII.- BIBLIOGRAFIA

Juan H. Rivera Zeballos  
"Compendio de conminación  
CONCYREC.

R. Shuhmann "Principles of  
conminution.I. Size distribution and  
surface calculation". Aime Technical  
paper N°1189 Julio 1940

Errol G. Kelly, David J. Sptiswood  
"Introducción al procesamiento de

## ANEXO I: ANALISIS VALORADO POR FRACCIONES DE MALLA DE PRODUCTOS EN CIRCUITO DE ZINC

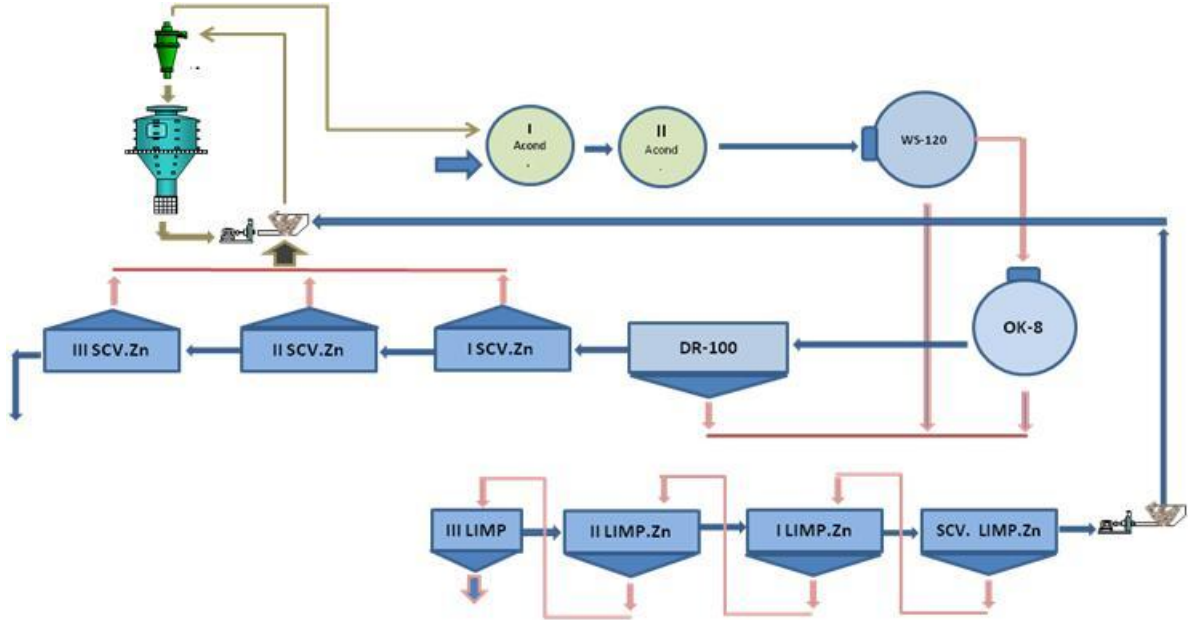
ALIMENTO A FLOTACION ZINC													
		LEYES						DISTRIBUCION					
MALLA	%PESO	Pb,%	Zn,%	Cu,%	Ag *	%Fe	Insol	Pb,%	Zn,%	Cu,%	Ag *	%Fe	Insol
70	6,05	0,26	2,62	0,20	0,72	3,18	48,60	1,85	2,31	4,26	2,90	2,05	9,48
100	4,05	0,36	3,94	0,24	1,02	4,08	42,00	1,72	2,33	3,42	2,75	1,76	5,49
140	17,6	0,54	6,98	0,32	1,45	8,34	36,60	11,20	17,92	19,84	16,98	15,65	20,77
200	7,2	0,74	9,34	0,33	1,60	12,78	30,40	6,28	9,81	8,37	7,66	9,81	7,06
270	12,45	0,54	8,70	0,28	1,31	12,48	25,00	7,92	15,80	12,28	10,85	16,57	10,04
325	2,8	0,46	8,50	0,29	1,16	12,38	24,40	1,52	3,47	2,86	2,16	3,70	2,20
400	2,65	0,52	8,60	0,26	1,17	12,62	23,80	1,62	3,32	2,43	2,06	3,57	2,03
-400	47,2	1,22	6,54	0,28	1,74	9,32	28,20	67,88	45,03	46,55	54,64	46,90	42,93
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>0,85</b>	<b>6,85</b>	<b>0,28</b>	<b>1,50</b>	<b>9,38</b>	<b>31,01</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
ESPUMAS SCAVENGER 1													
		LEYES						DISTRIBUCION					
MALLA	%PESO	Pb,%	Zn,%	Cu,%	Ag *	%Fe	Insol	Pb,%	Zn,%	Cu,%	Ag *	%Fe	Insol
70	5,1	0,50	58,20	0,88	1,89	4,86	1,00	0,59	6,32	3,50	1,21	3,58	1,12
100	12,85	0,88	56,60	1,02	3,06	4,68	1,80	2,61	15,49	10,21	4,93	8,70	5,06
140	39,3	2,16	49,40	1,08	5,97	5,96	5,00	19,58	41,34	33,05	29,40	33,87	43,02
200	10,75	3,18	41,60	1,46	8,89	9,1	7,40	7,89	9,52	12,22	11,98	14,15	17,42
270	9,4	4,06	39,20	1,68	10,20	10,5	6,60	8,80	7,85	12,30	12,02	14,27	13,58
325	2,7	11,62	36,60	1,69	15,74	10,52	5,20	7,24	2,10	3,55	5,33	4,11	3,07
400	1,95	11,72	35,40	1,66	16,32	10,46	4,20	5,27	1,47	2,52	3,99	2,95	1,79
-400	17,95	11,60	41,60	1,62	13,85	7,08	3,80	48,03	15,90	22,65	31,16	18,38	14,93
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>4,34</b>	<b>46,96</b>	<b>1,28</b>	<b>7,98</b>	<b>6,92</b>	<b>4,57</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
ESPUMAS SCAVENGER 2													
		LEYES						DISTRIBUCION					
MALLA	%PESO	Pb,%	Zn,%	Cu,%	Ag *	%Fe	Insol	Pb,%	Zn,%	Cu,%	Ag *	%Fe	Insol
70	1,9	0,44	57,60	0,82	1,89	4,66	2,00	0,23	2,10	1,44	0,67	1,62	1,28
100	5,85	0,78	57,40	0,96	2,47	4,56	1,60	1,25	6,43	5,18	2,71	4,88	3,14
140	36,65	2,02	53,60	0,98	2,77	5,1	3,60	20,29	37,61	33,12	19,07	34,19	44,29
200	10,75	2,64	49,80	1,14	4,66	6,44	4,00	7,78	10,25	11,30	9,41	12,66	14,44
270	11,95	2,82	50,00	1,22	6,41	6,84	3,40	9,24	11,44	13,44	14,39	14,95	13,64
325	3,6	4,58	51,00	1,23	6,26	6,5	2,80	4,52	3,52	4,08	4,23	4,28	3,38
400	2,35	5,66	49,80	1,20	6,85	6,46	2,20	3,65	2,24	2,60	3,02	2,78	1,74
-400	26,95	7,18	51,20	1,16	9,18	5	2,00	53,04	26,42	28,83	46,48	24,65	18,09
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>3,65</b>	<b>52,23</b>	<b>1,08</b>	<b>5,32</b>	<b>5,47</b>	<b>2,98</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
RELAVE FINAL													
		LEYES						DISTRIBUCION					
MALLA	%PESO	Pb,%	Zn,%	Cu,%	Ag *	%Fe	Insol	Pb,%	Zn,%	Cu,%	Ag *	%Fe	Insol
70	9,75	0,27	2,32	0,26	0,87	3,68	46,00	4,68	22,88	10,48	8,65	3,33	13,06
100	4,9	0,42	2,52	0,28	1,16	5,94	44,00	3,66	12,49	5,67	5,80	2,70	6,28
140	18,85	0,46	1,18	0,27	1,31	10,34	40,20	15,42	22,50	21,05	25,19	18,10	22,07
200	6,85	0,48	0,70	0,24	1,17	15,12	33,00	5,85	4,85	6,80	8,18	9,62	6,58
270	12,3	0,36	0,44	0,20	0,87	14,96	29,60	7,88	5,48	10,17	10,92	17,09	10,60
325	2,6	0,26	0,48	0,18	0,72	14,59	28,00	1,20	1,26	1,94	1,91	3,52	2,12
400	2,5	0,27	0,58	0,19	0,73	14,96	29,20	1,20	1,47	1,96	1,86	3,47	2,13
RELAVE 1RA LIMPIEZA													
		LEYES						DISTRIBUCION					
MALLA	%PESO	Pb,%	Zn,%	Cu,%	Ag *	%Fe	Insol	Pb,%	Zn,%	Cu,%	Ag *	%Fe	Insol





# FLOW SHEET CIRCUITO ZINC

## DIAGRAMA DE FLUJO CON REMOLIENDA



## DIAGRAMA DE FLUJO SIN REMOLIENDA

