


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA		Guía de xxxxxx	Número: 01
Título Calibración de molienda	Revisión Número:	Fecha de vigencia:	
	Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Area Minería y Metalurgia Carrera: Ingeniería en minas Asignatura: Operaciones de conminución y concentración			

LABORATORIO DE OPERACIONES DE CONMINUCIÓN


EXPERIENCIA N° 4.

Calibración de molienda

Integrantes:

Profesor: _____

Puntaje Obtenido	Puntaje Ideal	NOTA FINAL


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA 	Guía de xxxxxx		Número: 01
Título Calibración de molienda	Revisión Número:	Fecha de vigencia:	
	Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Area Minería y Metalurgia Carrera: Ingeniería en minas Asignatura: Operaciones de conminución y concentración			

1. OBJETIVOS

- Determinar la distribución de tamaños de un sistema de partículas mediante un análisis granulométrico.
- Evaluar el efecto del tiempo de tamizaje y muestreo sobre él.
- Conocer el adecuado manejo de un juego de tamices y características tales como abertura y abertura de malla.

2. ANTECEDENTES GENERALES

En los procesos de reducción de tamaño de minerales, el objetivo principal es liberar las especies minerales útiles que se encuentran dispersos en una gran masa, la que generalmente carece de valor comercial. La molienda en particular, genera un material fino como producto, requiere de una gran inversión de capital y es el área de mayor consumo de energía y materiales resistentes a la abrasión. La molienda de minerales es una de las últimas etapas de trituración de material, ésta se puede realizar en seco o en húmedo, dependiendo a que etapa posterior va a alimentar la descarga del molino. La molienda se realiza habitualmente en cilindros rotatorios que utilizan diferentes medios molidores, los que son levantados por la rotación de cilindro, para fracturar las partículas del mineral por medio de la combinación de diferentes mecanismos de fractura, como son el impacto y la abrasión principalmente. Los medios de molienda pueden ser el mismo mineral, molinos autógenos, medios no metálicos naturales o manufacturados, molinos de barras o molinos de bolas.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA		Guía de xxxxxx	Número: 01
Título Calibración de molienda	Revisión Número:	Fecha de vigencia:	
	Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Area Minería y Metalurgia Carrera: Ingeniería en minas Asignatura: Operaciones de conminución y concentración			

En general el término molino rotatorio incluye molinos de barras, molinos de bolas, molinos de guijarros y molinos autógenos. El molino rotatorio posee una forma cilíndrica o cónica cilíndrica, que rota en torno a un eje horizontal. La velocidad de rotación el tipo de revestimientos, la forma y tamaño de los medios de molienda son seleccionados para proveer las condiciones deseadas de operación para cada aplicación específica de molienda.

Según los medios de molienda empleados se conocen los tipos de molienda de:


- Barras.
- Bolas.

2.1 Molino de bolas

La molienda de bolas se considera como etapa de molienda secundaria, la cual puede alimentada con la descarga de la molienda de barras o con la descarga de una chancadora terciaria (producto < 1/4").

Los molinos de bolas no tienen las mismas restricciones de diseño que los molinos de barras, porque no tienen los problemas asociados a las longitudes de los medios de molienda. Es por esta razón que los molinos de bolas pueden tener una mayor variación en la razón entre el largo y el diámetro (L/D) desde 1:1 hasta valores superiores a 2:1. En realidad no existe una regla fija para elegir la razón L/D, depende de:

- Circuito usado.
- Tipo de mineral.
- Tamaño de alimentación.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Guía de xxxxxx </div>		Número: 01
Título Calibración de molienda	Revisión Número:	Fecha de vigencia:	
	Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Area Minería y Metalurgia Carrera: Ingeniería en minas Asignatura: Operaciones de conminución y concentración			


- Requerimientos de molienda, en general.

Los molinos de bolas tienen una carga de bolas que ocupa desde un 35% a un 45% del volumen útil del molino.

3. EQUIPOS Y MATERIALES


3.1. Equipos y materiales

- Molino de bolas de laboratorio.
- Carga de bolas de acero de 1 plg de diámetro.
- Muestras de 1[Kg] con granulometría 100% -10# Tyler.
- Set de tamices, desde malla 10 a la 270 tyler.
- Cortador de Riffles.
- Huincha.
- Balanzas digitales.
- Brochas y espátulas.
- Paños Roleadores.


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Guía de xxxxxx </div>		Número: 01
Título Calibración de molienda	Revisión Número:	Fecha de vigencia:	
	Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Area Minería y Metalurgia Carrera: Ingeniería en minas Asignatura: Operaciones de conminución y concentración			

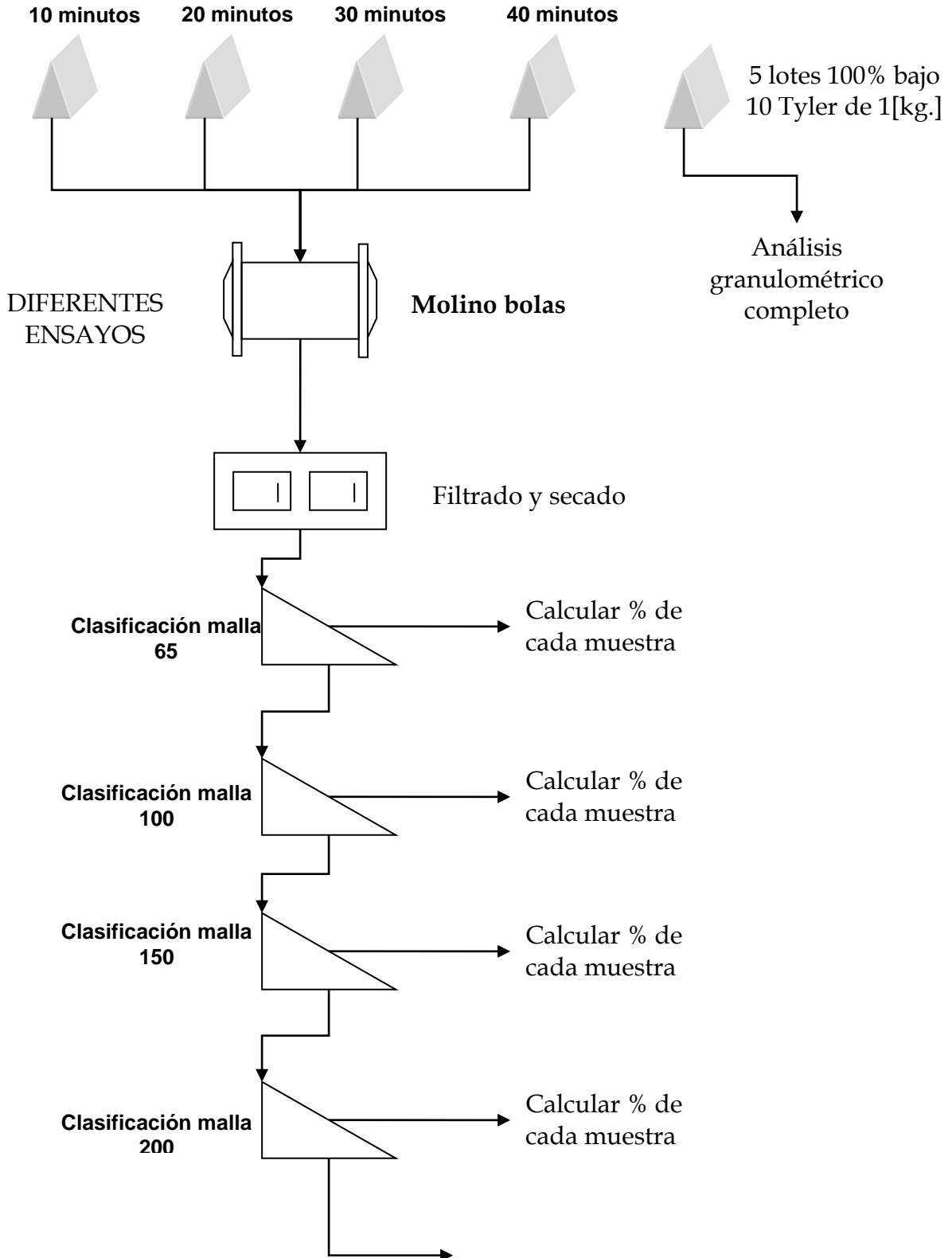
4. PROCEDIMIENTO

1. Determinar el volumen interior del molino de bolas a emplear.
2. Determinar el peso de la carga de bolas considerando un nivel de llenado de 35% y una porosidad del lecho de bolas en reposo de 0.38.
3. Tomar una muestra representativa de mineral o escoria, según corresponda, de 1000 gr, mediante cortador riffles. Para completar el peso indicado recurrir a retirar o agregar pequeñas masas de mineral con espátula.
4. Considerando formar una pulpa con concentración de 65% de sólidos en peso, determinar la cantidad de agua que debe ser agregada al molino.
5. Agregar los medios de molienda, mineral y agua al molino (en ese orden), y moler durante 10 minutos.
6. El producto de molienda debe ser filtrado y secado (periodo no mayor a un día).
7. Tomar una segunda muestra representativa, preparar la pulpa según lo indicado y moler durante 20 minutos. Repetir el punto 6 con el producto.
8. Repetir la secuencia indicada para 30 y 40 minutos de molienda, con muestras representativas diferentes.
9. Una vez secado cada producto de molienda, disgregar la muestra y realizar análisis granulométrico.
10. El análisis granulométrico debe ser realizado desde el tamiz 10 al 270.
11. Determinar los porcentajes acumulados pasantes para las mallas 65, 100, 150, 200 Tyler.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA		Guía de xxxxxx	Número: 01
Título Calibración de molienda	Revisión Número:	Fecha de vigencia:	
	Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Area Minería y Metalurgia Carrera: Ingeniería en minas Asignatura: Operaciones de conminución y concentración			

12. Tamizar la muestra 2, 4 y 8 minutos más, siendo los tiempos acumulados de 4, 8 y 16 minutos respectivamente. Entre cada tiempo de tamizaje repetir los pasos 7 al 9.
13. Una vez finalizados los 16 minutos de tamizaje vaciar la muestra de mineral contenida en cada tamiz sobre un paño roleador y masarla.
14. Armar nuevamente el set de tamices y depositar la segunda muestra masada en el punto dos sobre la primera malla, colocar en el Ro Tap y tamizae durante 16 minutos de manera continua.
15. Realizar los pasos del 1 al 14 con la muestra de granulometría fina.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA		Guía de xxxxxx		Número: 01
		Título Calibración de molienda		Revisión Número:
		Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Area Minería y Metalurgia Carrera: Ingeniería en minas Asignatura: Operaciones de conminución y concentración				




UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA		Guía de xxxxxx	Número: 01
Título Calibración de molienda	Revisión Número:	Fecha de vigencia:	
	Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Area Minería y Metalurgia			
Carrera: Ingeniería en minas Asignatura: Operaciones de conminución y concentración			

Tabla 5.5 Análisis Granulométrico de con tiempo de molienda 40 minutos.

Malla	Abertura [μm]	Masa mineral [gr]	Retenido parcial [%]	Retenido acumulado [%]	Pasante acumulado [%]

Tabla 5.6 Pasante Acumulado para la malla de corte 65# Tyler con los diferentes tiempos de molienda.

Tiempo [min]	Pasante acumulado [%]
0	
10	
20	
30	
40	


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA		Guía de xxxxxx		Número: 01
		Título Calibración de molienda	Revisión Número:	Fecha de vigencia:
		Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Area Minería y Metalurgia				
Carrera: Ingeniería en minas Asignatura: Operaciones de conminución y concentración				

Tabla 5.7 Pasante Acumulado para la malla de corte 100# Tyler con los diferentes tiempos de molienda.

Tiempo [min]	Pasante acumulado [%]
0	
10	
20	
30	
40	

Tabla 5.8 Pasante Acumulado para la malla de corte 150# Tyler con los diferentes tiempos de molienda.

Tiempo [min]	Pasante acumulado [%]
0	
10	
20	
30	
40	


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA		Guía de xxxxxx		Número: 01
Título Calibración de molienda		Revisión Número:	Fecha de vigencia:	
		Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Area Minería y Metalurgia Carrera: Ingeniería en minas Asignatura: Operaciones de conminución y concentración				

Tabla 5.9 Pasante Acumulado para la malla de corte 200# Tyler con los diferentes tiempos de molienda.

Tiempo [min]	Pasante acumulado [%]
0	
10	
20	
30	
40	

Tabla 5.10 Tamaño 80% para las distintas granulometrías obtenidas de los diferentes tiempos de molienda.

t = 0 min	t = 10 min	t = 20 min	t = 30 min	t = 40 min



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA		Guía de xxxxxx		Número: 01
		Título Calibración de molienda	Revisión Número:	Fecha de vigencia:
		Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Area Minería y Metalurgia Carrera: Ingeniería en minas Asignatura: Operaciones de conminución y concentración				

Tabla 5.11 Razón de reducción para los diferentes tiempos de molienda.

tiempo molienda [min]	Rr
10	
20	
30	
40	

Tabla 5.12 Tiempo de estimación de porcentaje en cada malla


Malla N°	Retenido esperado [%]	Ecuación de tendencia	R ²	Tiempo [min]
65	25			
100	25			
150	20			
200	20			

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Guía de xxxxxx </div>		Número: 01
Título Calibración de molienda	Revisión Número:	Fecha de vigencia:	
	Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Area Minería y Metalurgia Carrera: Ingeniería en minas Asignatura: Operaciones de conminución y concentración			

6. RESULTADOS:

El informe debe contener:

- Gráfico granulometría para los diferentes tiempos de molienda.
- Gráfico de curvas de calibración de molienda para las distintas mallas de corte.
- Gráfico de razón de Reducción para los distintos tiempos de molienda.
- Análisis de resultados y conclusiones derivadas del trabajo realizado

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA		Guía de xxxxxx	Número: 01
Título Calibración de molienda	Revisión Número:	Fecha de vigencia:	
	Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Area Minería y Metalurgia Carrera: Ingeniería en minas Asignatura: Operaciones de conminución y concentración			

7. ANEXOS

- Fracción retenido parcial (f_i %)

$$f_i = \frac{m_i}{m_t} \times 100$$

m_i : Masa de mineral en el tamiz i.

m_t : Masa total de mineral.

- Fracción retenido acumulado ($R_i(x)$ %)

$$R_i(x) \% = f_i + R_{i-1}$$

- Fracción pasante acumulado ($F_i(x)$ %)

$$F_i(x) \% = F_{i-1}(x) - f_i$$

- Fracción volumétrica de llenado de bolas (J)

$$J_b = \frac{m_b}{\rho_b \cdot (1 - \varepsilon) \cdot V_m}$$

M_B : Masa de bolas en el molino

ρ_B : Densidad de bolas


ε : Porosidad nominal del lecho

- Volumen del molino (V_M)

$$V_m = \pi \cdot R^2 \cdot L$$

L : Largo interno del molino

R : Radio interno del molino

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA		Guía de xxxxxx	Número: 01
Título Calibración de molienda	Revisión Número:	Fecha de vigencia:	
	Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Area Minería y Metalurgia Carrera: Ingeniería en minas Asignatura: Operaciones de conminución y concentración			

8. METODOLOGÍA

- Grupos de 4 integrantes
- Tiempo estimado duración ensayo 10 horas
- Tiempo de evaluación 2 horas


8.1 Evaluación

- Informe de laboratorio: Ponderación 10%
- Se recomienda exposición para evaluación del proceso: Ponderación 5%

9. PAUTA INFORME

El informe debe contener:

1. **Portada**
2. **Índice:** La numeración de las hojas debe iniciarse en el ítem de objetivos.
3. **Resumen:** Breve resumen de lo realizado en laboratorio, mencionando los principales resultados obtenidos
4. **Objetivos:** Deben ser generales y específicos.
5. **Introducción teórica:** Contenidos respecto al laboratorio explicados de manera teórica.
6. **Procedimiento experimental:** Instrucciones paso a paso de lo realizado en el laboratorio, además se deben especificar en otro sub ítem los materiales e instrumentos utilizados.
7. **Resultados obtenidos:** Resultados obtenidos presentados en tablas, gráficos, esquemas etc.
8. **Discusión:** Análisis de los resultados, donde se explique el porqué de éstos. Además, deben estar basados en la teoría antes expuesta en la introducción teórica. Cada integrante del grupo debe realizar sus propias discusiones.
9. **Conclusiones:** Se extraen desde las discusiones, corresponden a lo más importante expuesto ahí. Deben ser categóricas y sin explicación ya que ésta

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA 	Guía de xxxxxx		Número: 01
Título Calibración de molienda	Revisión Número:	Fecha de vigencia:	
	Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Area Minería y Metalurgia Carrera: Ingeniería en minas Asignatura: Operaciones de conminución y concentración			

fue hecha en el ítem anterior. Cada integrante del grupo debe realizar sus propias conclusiones basadas en sus discusiones.

10. Bibliografía: Autor, título, año y edición de los libros desde donde fue extraída información para realizar el informe.

11. Anexos: Cálculos, fórmulas matemáticas, químicas etc. que se emplearon para la obtención de resultados expuestos en el informe.