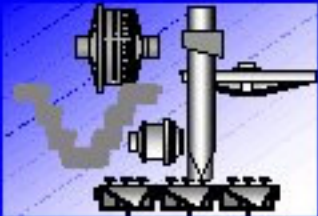


# *Muestreo en el Procesamiento de Minerales*



*Análisis de Sistemas Particulados*

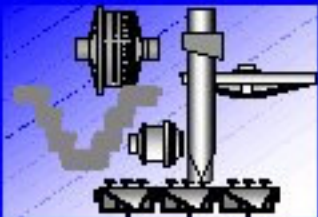
# *Muestreo*

---

## ❖ *Consideraciones Generales*

En todas las operaciones y procesos minero-metalúrgicos se requiere del conocimiento de las características físicas, químicas etc., de un lote de mineral, generalmente de gran volumen. Es así como, en el desarrollo de una mina, en el control de la producción de mineral y en el control de leyes, un adecuado muestreo permite:

- Cálculo de reservas
- Direccionamiento de partidas de mineral a botadero, mineral de baja ley y mineral de alta ley.
- La programación de la continuidad de la producción y el suministro de los tonelajes requeridos, leyes y tipo de mineral que será enviado a la planta de procesamiento de minerales para cumplir con los objetivos de producción.

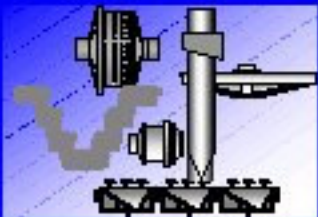


# *Muestreo*

---

Por otra parte, para tener un control metalúrgico efectivo en una planta de procesamiento de minerales, es decir, obtener un balance global, medidas de la producción, inventario de los concentrados y consumos unitarios, se requiere:

- Muestreo del mineral de alimentación.
- Muestreo de los productos intermedios importantes y de todos los productos finales.
- Muestreo de los concentrados, enviados a la fundición o vendidos, es fundamental para el control del proceso y para los cálculos de los pagos y castigos a realizarse en la transacción de estos.



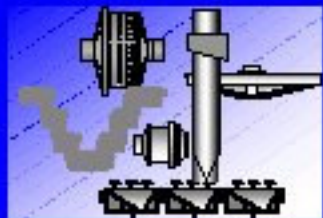
# *Muestreo*

---

Generalmente por problemas de muestreo, es común encontrar diferencias:

- entre las leyes informadas por la mina y aquellas detectadas por la planta
- en el balance entre el fino presente en la alimentación y el contenido en los productos de la concentradora.
- en el análisis de vendedores y compradores de un concentrado.

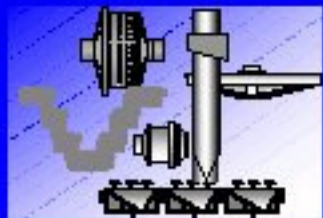
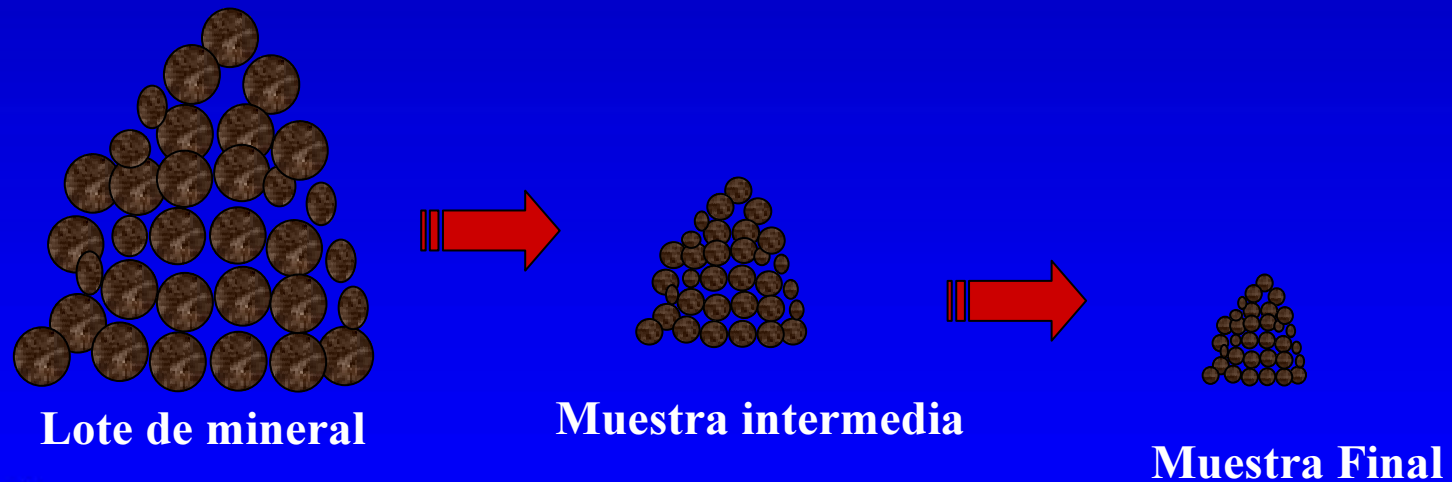
Para conocer las características de un lote de mineral, por razones económicas y prácticas, se analiza una **muestra representativa** de este. La responsabilidad que recae sobre esta muestra, pequeña en comparación con el lote, es muy grande. La **representatividad de esta muestra**, por la importancia que tiene la información que se puede obtener de ella, es fundamental para cada una de las operaciones mencionadas anteriormente.





# Muestreo

No sólo es importante determinar el tamaño de la muestra, también lo es determinar las etapas sucesivas de reducción de tamaño y remuestreo, a las que debe ser sometida ésta antes de obtener la muestra final, que será finalmente enviada a análisis. Los errores de muestreo en los que se puede incurrir en estas etapas pueden ser considerables. Las instalaciones de muestreo que actualmente existen no se construyeron y no operan con procedimientos que involucren un criterio de muestreo, es decir, una optimización desde el punto de vista de la **minimización del error de muestreo**.

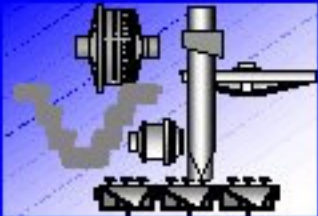


# *Muestreo*

---

El concepto de muestreo se puede definir de varias formas siendo las más utilizadas las siguientes:

- *“El muestreo representa el conjunto de operaciones que permite la obtención de una muestra que pueda ser analizada”.*
- *“El muestreo es la operación que permite remover una pequeña fracción o parte, que denominaremos **muestra**, desde un conjunto material de volumen mucho mayor, de tal manera que las características del conjunto pueden estimarse estudiando las características de la muestra”.*

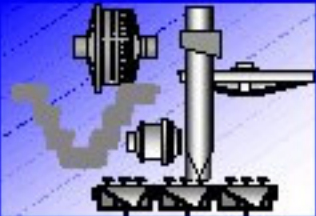


## *Muestreo*

---

En el caso particular de la Industria Minera, donde encontramos materiales particulados y sistemas particulados, los que no constituyen medios continuos, significa que junto a una partícula pueden encontrarse otras de composición, densidad o tamaño completamente distintos. Esto se denomina **HETEROGENEIDAD DE CONSTITUCIÓN** y es lo que genera errores asociados al “**error fundamental o error de muestreo**”.

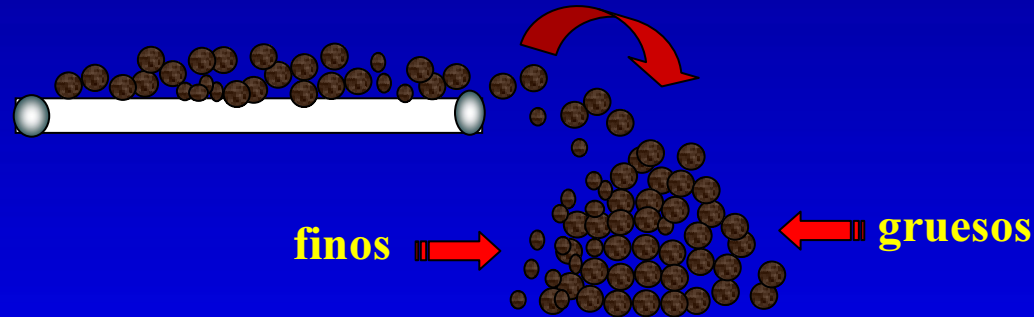
En una población de partículas fuera de la heterogeneidad de constitución existe la denominada **HETEROGENEIDAD DE DISTRIBUCIÓN** la que corresponde a como se ordenan las partículas en el lugar donde se encuentran. Esto último genera lo que llamamos **errores por segregación**, los cuales pueden ser evitados con una buena homogeneización de la muestra.



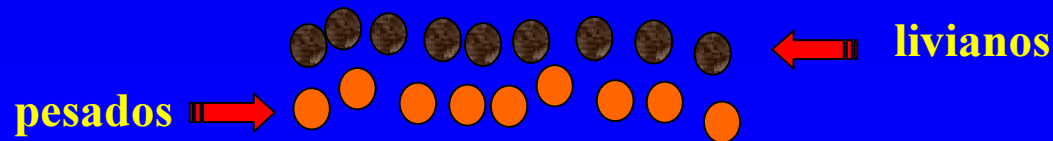
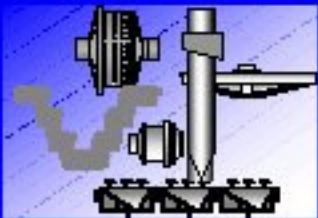
# Muestreo

Existen dos tipos de segregación:

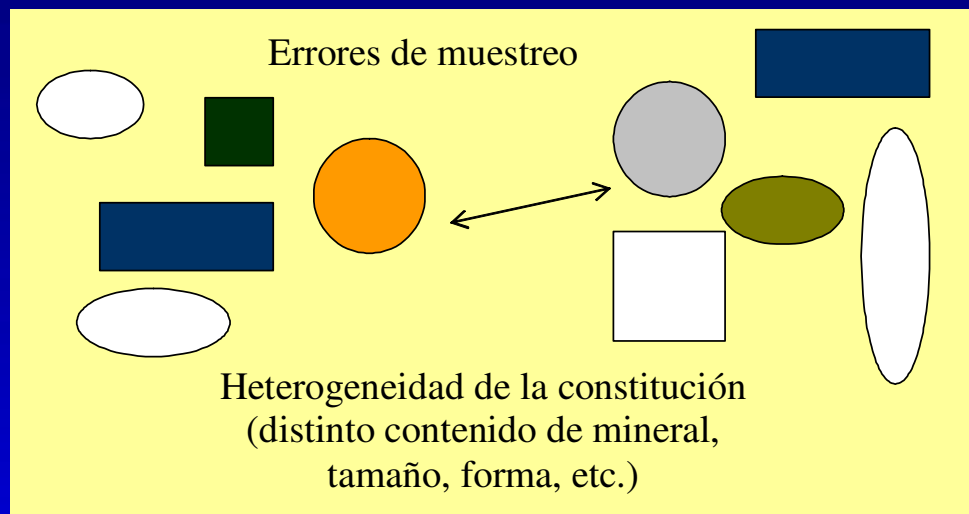
➤ *Segregación por Tamaño:* En este caso si la densidad permanece constante, las partículas más pequeñas tenderán a ocupar un espacio o posición en el lote diferente que las más grandes, ejemplo de esto lo podemos encontrar en los silos, en las correas transportadoras, etc..



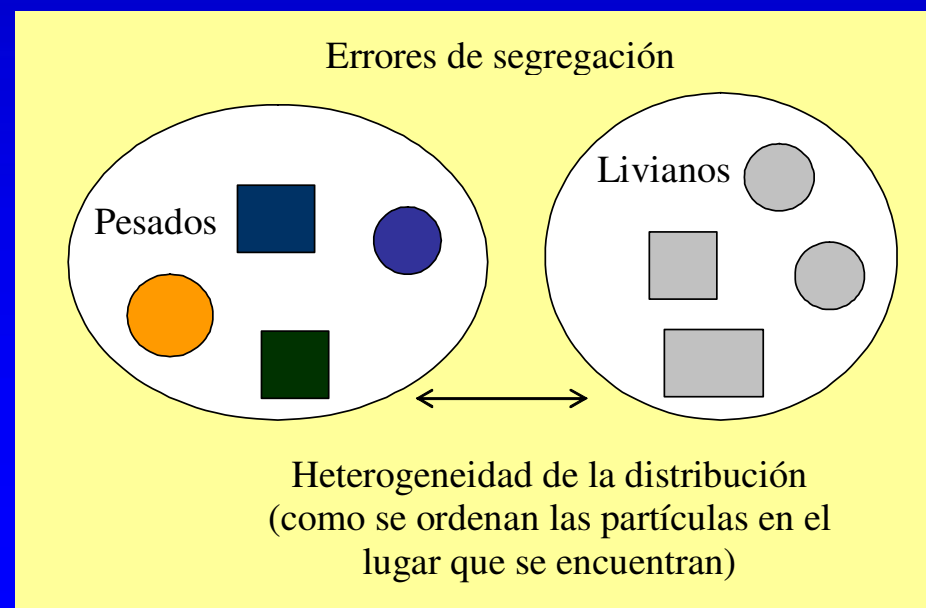
➤ *Segregación por Densidad:* En este caso si el tamaño permanece constante, las partículas menos densas ocuparán una posición en el lote distinto que las más densas, este tipo de segregación es la base de la concentración gravitacional.



# Muestreo



Heterogeneidad de Constitución y de  
Distribución en una muestra de material  
particulado



# *Muestreo*

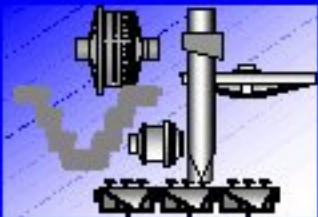
---

## *Errores Asociados al Muestreo*

Los errores, desviaciones o sesgo, constituyen la diferencia entre el valor exacto de la característica de un lote y su estimación a partir de la muestra.

Para que una muestra sea representativa ésta debe conservar las características del lote dentro de ciertos límites de exactitud y precisión fijadas. Dada la heterogeneidad de constitución y distribución que podemos encontrar en un lote de mineral, al extraer una muestra de éste estamos cometiendo errores, alguno de los cuales es **imposible de eliminar (error fundamental)** pero sí de minimizar y otros que son posibles de anular o minimizar (error de preparación, análisis, etc.), dentro de estos errores están los siguientes:

- **Error Fundamental:** es el que se introduce al seleccionar y extraer la muestra, también se denomina error de muestreo. Este error es imposible de eliminar dada la heterogeneidad de constitución, pero se puede minimizar.



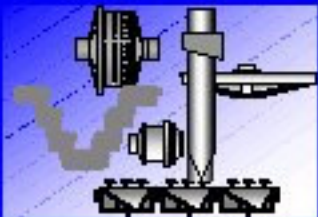
# *Muestreo*

---

- *Error de Segregación*: es producto de la heterogeneidad de distribución.
- *Error de Delimitación y Extracción*: estos errores están asociados al protocolo de muestreo implementado.

Los cuatro errores anteriores tienen una variabilidad de pequeña escala y están asociados al protocolo de muestreo.

- *Error de Preparación*: está relacionado con la preservación de la integridad de la muestra, se pueden encontrar los siguientes errores: contaminación, pérdida de muestra, alteración de la muestra, errores humanos, fraude y sabotaje.
- *Error de Análisis*: está asociado al método analítico empleado, en éste puede destacarse los errores *aleatorios* y *sistemáticos*.



# *Muestreo*

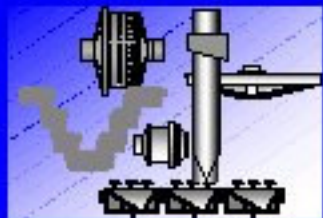
---

Otros errores que existen y son de gran variabilidad están asociados a la selección del intervalo de muestreo y al modo de muestrear, en este caso destacan los errores de interpolación, periodicidad y peso.

➤ *Error final:* lo constituye la suma de los errores parciales asociados al muestreo y al análisis.

## ❖ *Fracciones Generadas a partir de un Lote*

Un lote de material se refiere a un conjunto de material o mineral de ciertas características (granulometría, composición mineralógica, ley, etc.) las cuales se pretende conocer. De este lote, generalmente de gran tamaño comparado con la muestra necesaria para efectuar determinados análisis.





# Muestreo

Se pueden generar las siguientes fracciones a partir de un lote:

➤ ***Incremento:***

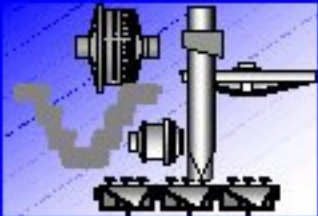
Cantidad de material extraído del lote en un solo movimiento del sistema de muestreo.

➤ ***Submuestra:***

Es una cantidad de material formada por varios incrementos.

➤ ***Muestra Compuesta o Global:***

Es una cantidad de material formada por todos los incrementos o submuestras tomadas desde el lote.



# *Muestreo*

---

## ➤ *Muestra Final:*

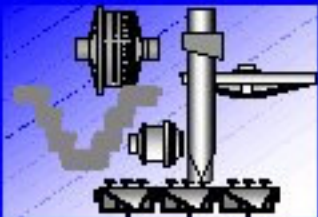
Es la cantidad de material que se ha seleccionado luego de completar el protocolo de muestreo (etapas de reducción de tamaño, división de muestras, etc.) determinado para ella, dependiendo del atributo que se desea analizar.

## **Muestra Representativa:**

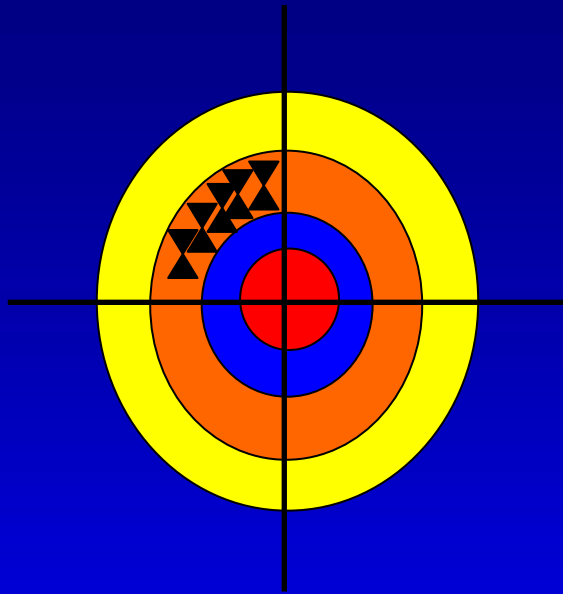
Es aquella que conserva las características del lote dentro de cierto límites de **exactitud y precisión** fijadas. ▶

## **Error, Desviación o Sesgo:**

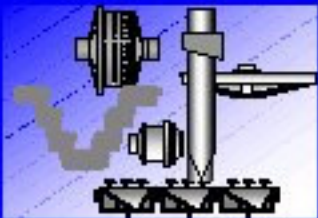
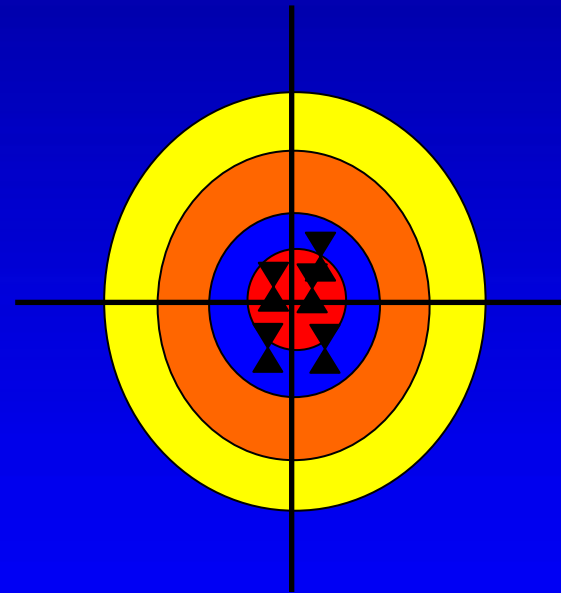
Es la diferencia entre el valor exacto de la característica de un lote y su valor estimado a partir de una muestra.



# Muestreo



¿Cuándo es preciso y cuando es exacto?



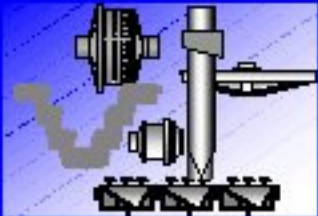
# *Muestreo*

---

Problema:

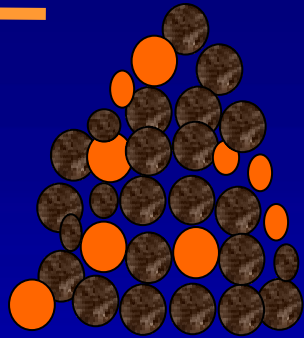
¿Cuándo se requiere más muestra, en igualdad de condiciones de granulometría, si se quiere determinar la ley de cobre en un lote o la ley de oro?.

¿Cuándo se requiere más muestra, en igualdad de condiciones de ley, cuando el mineral se encuentra 100% - 1/4" o cuando está 100% - 1"?

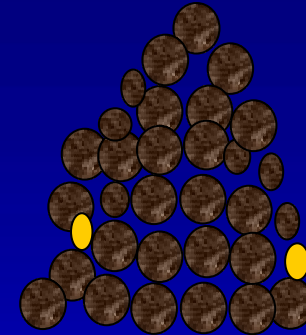


# Muestreo

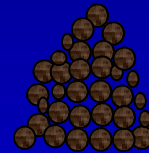
Igual granulometría



Lote de mineral de Cu, ley 1,5%

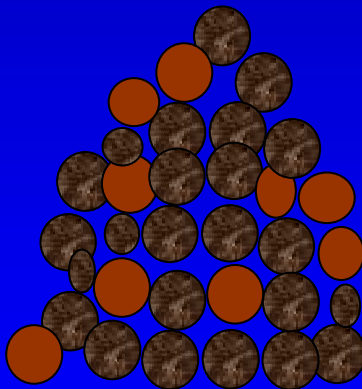


Lote de mineral de Oro, ley 2 g/t

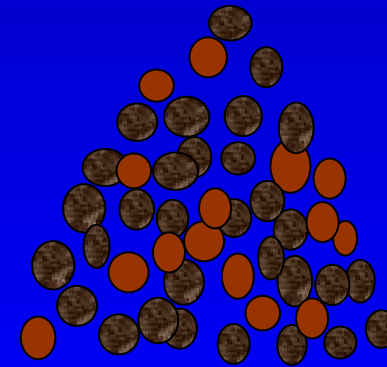


¿Muestra + o -?

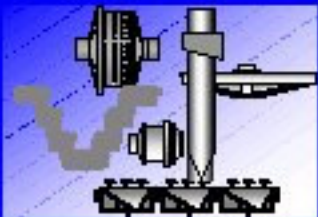
Igual ley



Lote de mineral de Cu, 1/4"



Lote de mineral de Cu, 1"

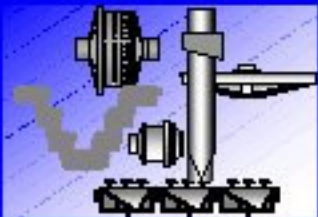


## *Muestreo*

---

La cantidad de material requerido en una muestra depende de:

- ✓ Tamaño de las partículas
- ✓ Abundancia de la especie mineralógica portadora de la especie de interés.
- ✓ Tamaño del grano de las especies útiles



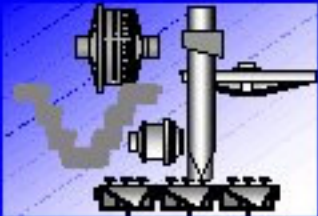
# *Muestreo*

---

Para que la muestra final sea representativa del lote, ésta debe seguir un adecuado protocolo de muestreo, lo que significa que exista un método estandarizado para obtener la muestra, es decir:

- ✓ Un método de extracción (subdivisión de muestras),
- ✓ Preparación (reducción de tamaño), etc..

También en la etapa de análisis, debe existir un estado controlado y se deben seguir estándares adecuados al análisis a efectuar.

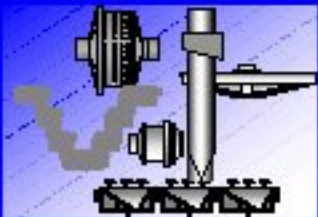
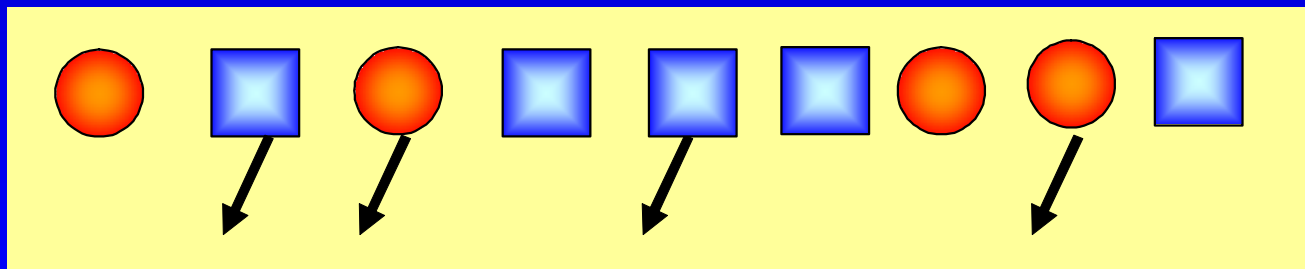


# Muestreo

## ❖ Selección de Muestras

Para minimizar los errores asociados al muestreo es muy importante, además de la forma como se extraen las muestras, el **intervalo de muestreo empleado**. La selección de muestras puede llegar a ser **aleatoria o sistemática** con intervalos de tiempos largos o cortos dependiendo del proceso. Dentro de la selección de muestra destacan:

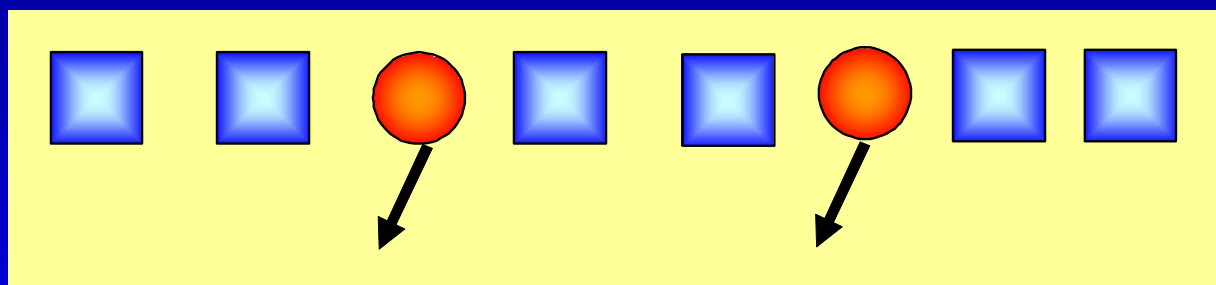
➤ **Muestreo Aleatorio**: en este caso cualquier “unidad o producto” tienen igual probabilidad de ser seleccionada, esta selección de muestra es muy difícil de llevar a la práctica ya que se tiende por naturaleza a ser sistemático en los tiempos de muestreo. Un ejemplo de selección aleatoria sería la siguiente (las flechas indican extracción):



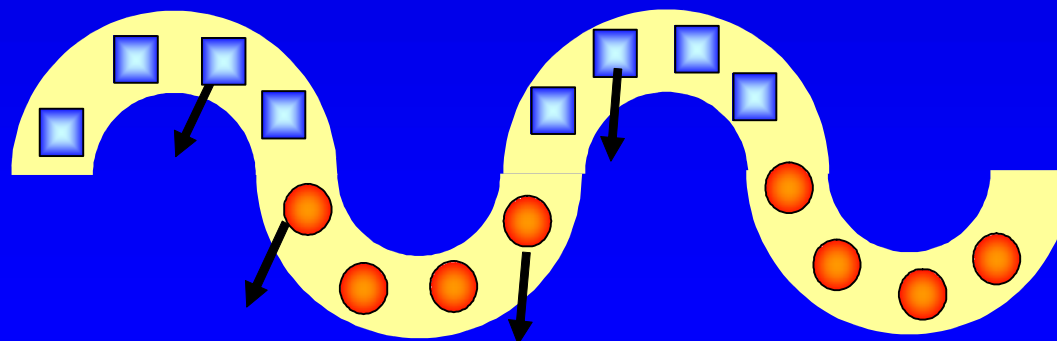


## Muestreo

➤ **Muestreo Sistemático:** las “unidades o productos” no tienen igual probabilidad de ser seleccionadas, esto es ocurre principalmente si existen fluctuaciones periódicas en el proceso lo que puede generar errores sistemáticos. Un ejemplo de esto se puede ver en la siguiente figura:



Sí por alguna razón se debe utilizar una selección sistemática de muestras, para evitar los errores que pueden cometerse ésta se debe realizar a tiempos de muestreo lo más próximos que el proceso lo permita.

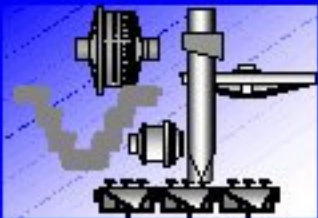


# Muestreo

## ❖ Ecuación de Muestreo de Pierre Gy

Numerosos autores han abordado el problema del muestreo, y en la actualidad se acepta como válida la teoría de muestreo de materiales particulados de **Pierre Gy** (1953 – 1992). En ella, se distinguen las distintas clases de errores, como son los de **Segregación**, de **Delimitación**, de **Extracción** y de **Preparación**, y se indica como anularlos o minimizarlos, como así mismo se demuestra que existe una fuente de error denominada **Heterogeneidad de Constitución**, la que es imposible de anular, dando origen al denominado **Error Fundamental**.

A pesar de la imposibilidad de eliminar el Error Fundamental, el autor desarrolló una expresión que permite dimensionarlo y minimizarlo, en base a decisiones que se ven representadas por las variables de ésta. La expresión es ampliamente utilizada y se le conoce como **Ecuación de Pierre Gy**:



## Muestreo

Ecuación de Pierre Gy:

$$S_{FE}^2 = C d^3 \left[ \frac{1}{M_S} - \frac{1}{M_L} \right]$$

$S_{FE}^2$  = Varianza relativa del Error Fundamental del muestreo

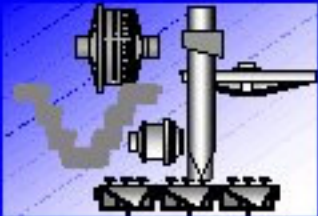
(corresponde a la varianza del error fundamental dividida por la ley media del lote elevada al cuadrado, no tiene dimensiones).

$M_S$  = Masa de la muestra, [g].

$M_L$  = Masa del lote, [g].

$C$  = Constante de muestreo, [g/cm<sup>3</sup>].

$d$  = Tamaño bajo el cual está el 95% del lote, [cm].



## Muestreo

A su vez, el parámetro C corresponde al producto de otros cuatro factores:

$$C = f g m l$$

$f$  = Factor de forma, su valor es de **0,5** con excepción para las menas de oro donde se utiliza el valor **0,2** cuando el oro está liberado.

$g$  = Factor de distribución de tamaños, su valor depende de la razón  $d_{95} / d_5$ . El valor más utilizado es de **0,25**. Valores de  $g$ :

$$2 < d_{95} / d_5 < 4$$

$$g = 0,5$$

$$1 < d_{95} / d_5 < 2$$

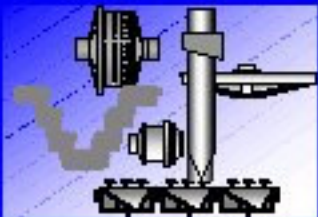
$$g = 0,75$$

$$d_{95} / d_5 = 4$$

$$g = 1,0$$

$$d_{95} / d_5 > 4$$

$$g = 0,25$$



## Muestreo

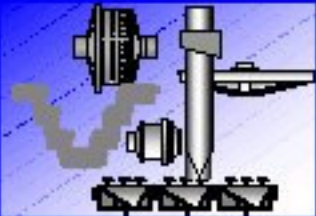
***m*** = Factor de composición mineralógica, [g/cm<sup>3</sup>]. Su expresión es la siguiente:

$$m = \frac{1-a}{a} [(1-a)r + a t]$$

***a*** = proporción en peso del componente crítico o con valor comercial en el lote (Ejm. ley de la calcopirita).

***r*** = densidad del componente crítico (Ejm. densidad de la calcopirita).

***t*** = densidad de la ganga (Ejm. densidad del cuarzo).



## Muestreo

$l$  = Factor de liberación ( $0 < l < 1$ ) . Se recomienda utilizar lo siguiente:

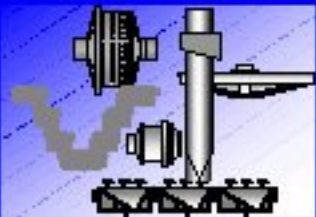
$$l = 1 \quad \text{si } d_1 > d_{95}$$

$$l = \left( \frac{d_1}{d_{95}} \right)^b \quad \text{si } d_1 < d_{95}$$

El parámetro **b** depende del mineral a muestrear, algunos autores sugieren para este parámetro los siguientes valores:

**Minerales de cobre** = 0,5 valor empírico (también un valor usado es 1,2)

**Minerales de oro** = 1,5 valor empírico (otros autores usan el valor 0,5)



# Muestreo

## ❖ *Muestreo Aleatorio*

Si,

$$M_L = \text{lote} = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}$$

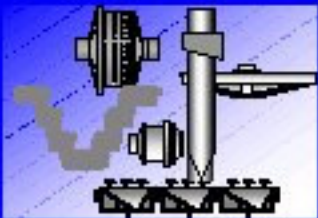
$$M_S = \text{Muestras tomadas al azar desde el lote} = \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_n\}$$

Luego se tiene que:

$$\text{Media de las muestras} = m' = (c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_n) / n$$

constituye un estimador insesgado de:

$$\text{Media del lote} = m_0 = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N) / N$$



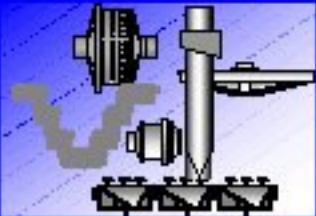
## Muestreo

La varianza de la muestra se calcula por la siguiente ecuación:

$$s^2 = [(c_1 - m')^2 + (c_2 - m')^2 + (c_3 - m')^2 + \dots + (c_n - m')^2] / (n - 1)$$

Se puede demostrar que la varianza del error de muestreo,  $S^2 = \text{Var}(m')$ , está dada por:

$$S^2 = s^2 \left( \frac{1}{n} - \frac{1}{N} \right) \quad \text{con } n < N$$



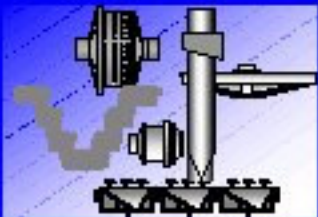
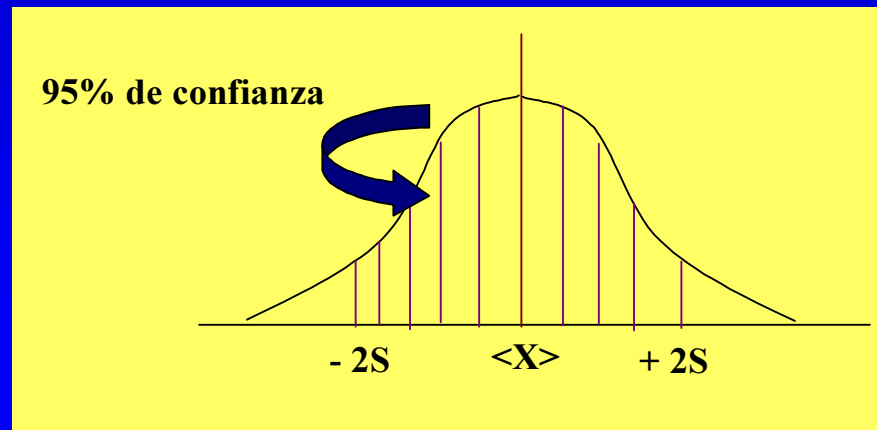


# Muestreo

Se calcula el **error de muestreo** con un nivel de **confianza del 95%**. Asumiendo que los errores son Gaussianos, se cumple con la siguiente desigualdad:

$$-2S < \text{error} < 2S$$
$$\text{error} \pm 2S$$

Un **95% de confianza** corresponde a un **compromiso estadístico** donde se asume un **riesgo de equivocarse del 5%**.



## Muestreo

Valores de  $S_{FE}$  sugeridos por F. Pitard  
para la construcción de monogramas de muestreo (línea de seguridad)

	Cobre	Oro
Para exploraciones, medio ambiente.	$\pm 10 \%$	$\pm 15 \%$ (oro liberado $\pm 32 \%$ )
Balances metalúrgicos, control de procesos.	$\pm 3 - 5 \%$	$\pm 10 \%$
Muestreo comercial, ventas.	$\pm 0,5 \%$	$\pm 1 - 2 \%$



## Muestreo

### ◆ Usos de la Ecuación de P. Gy:

Esta ecuación asume que las muestras son tomadas al azar. Es aplicable a corrientes de menas transportadas sobre correas y corrientes de pulpas. Dentro de los usos están:

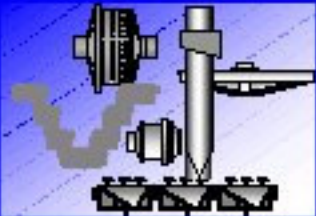
Si  $M_L \gg \gg M_S$ :

- Cálculo del peso de la muestra ( $M_S$ ) a tomar desde una gran masa (si  $M_L \gg \gg M_S$ )

$$M_S = \frac{C d^3}{S_{FE}^2}$$

- Determinación del error de muestreo al cual se incide si se toma una muestra de cierto tamaño.

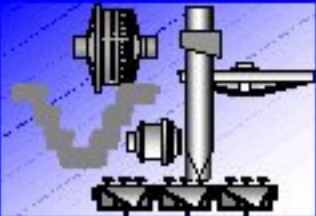
$$S_{FE}^2 = \frac{C d^3}{M_S}$$



## Muestreo

- *Cálculo del tamaño de partícula al cual la muestra se chancará (reducir de tamaño).*

$$d = \left( \frac{M_S S_{FE}^2}{C} \right)^{1/3}$$

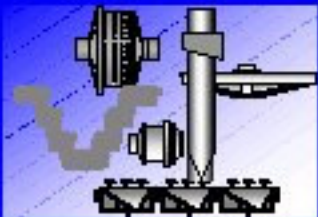


# Muestreo

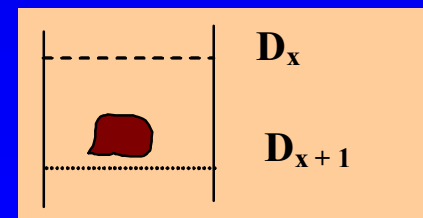
## ◆ Muestra requerida para análisis granulométrico

$$S_{FE}^2 = \left( \frac{1}{M_s} - \frac{1}{M_L} \right) f \rho \left[ \left( \frac{1}{f_i} - 2 \right) d_{FLX}^3 + g d^3 \right]$$

$\rho$	=	densidad del mineral
$M_s$	=	masa de la muestra
$M_L$	=	masa del lote
$f$	=	factor de forma
$g$	=	factor de distribución de tamaño
$d$	=	$d_{95}$
$f_i$	=	% retenido en la malla $i$ (se asume un valor $< 0,3$ )
$d_{FLX}$	=	tamaño medio entre dos mallas consecutivas, es decir:



$$d_{FX} = \frac{D_x + D_{x+1}}{2}$$



*Análisis de Sistemas Particulados*

## Muestreo

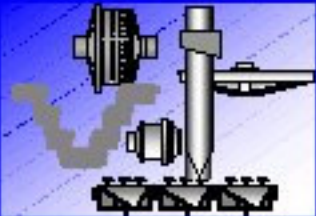
Si :  $M_L > 10 M_S$  y  $d_{FLX} \approx d$

Considerando que  $g d^3$  es despreciable

La ecuación se reduce a:

$$S_{FE}^2 = \left( \frac{f \rho}{M_s} \right) \left( \frac{1}{f_i} - 2 \right) d^3$$

La cantidad de muestra en este caso es sólo representativa del tamaño



# *Muestreo*

---

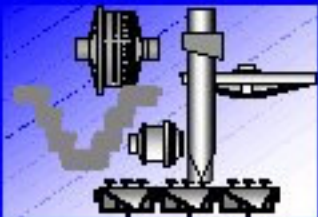
## ◆ *Protocolos de muestreo*

Todas las operaciones (reducción de tamaño, cortes de muestras, etc.) que están involucradas en el tratamiento de las muestra que se toman desde un lote deben seguir un riguroso protocolo de muestreo.

Ejemplos de protocolos de muestreo:

### *Protocolo para testigos en una mina de oro:*

- Dimensión del testigo: 1 m largo, 6 cm diámetro.
- Cortar el testigo por la mitad a lo largo (pesar, P1)
- Reducir de tamaño la muestra 100% - 1 cm (chancador primario)
- Cortar la muestra a la mitad utilizando riffle ( $P2 = 0,5 * P1$ )
- Reducir de tamaño la muestra 100% - 0,2 cm (chancador de rodillos)
- Cortar la muestra a un décimo utilizando cortador rotatorio ( $P3 = 0,1 * P2$ )
- Pulverizar los 400 g. a – 150#.

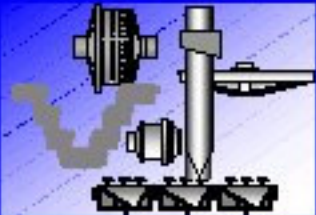


# *Muestreo*

---

## *Protocolo de muestreo para mineral de oro:*

- Pesar muestra inicial (P1) y determinar tamaño máximo d1 (d95)
- Reducir de tamaño la muestra 100% - d2 cm (chancador primario)
- Homogeneizar y cortar la muestra P1 en cortador rotatorio o riffles (pesar,  $P2 = 0,25 * P1$ )
- Homogeneizar y cortar la muestra P2 en cortador rotatorio o riffles (pesar,  $P3 = 0,125 * P2$ )
- Reducir de tamaño la muestra 100% - d3 cm (chancador de rodillos)
- Homogeneizar y cortar la muestra P3 utilizando cortador rotatorio o riffle ( $P4 = 0,25 * P3$ )
- Reducir de tamaño la muestra 100% - d4 cm (chancador de rodillos)
- Cortar la muestra utilizando cortador rotatorio ( $P4 = 0,5 * P3$ )
- Pulverizar los P4 a – 200#.
- Cortar la muestra utilizando cortador rotatorio ( $P5 = 0,5 * P4$ ), dejar la otra mitad de contramuestra.



**Lo anterior se puede llevar a lo que se llama un MONOGRAMA DE MUESTREO**

*Análisis de Sistemas Particulados*



## Muestreo

### ◆ *Construcción de monogramas de muestreo*

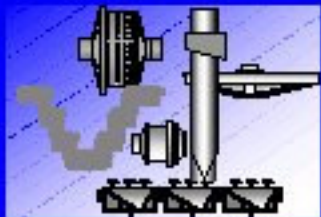
Para optimizar los protocolos de muestreo se construyen los monogramas de muestreo.

Los monogramas son gráficos Log –Log donde:

- El eje Y corresponde a la varianza relativa del error fundamental  $S_{FE}^2$
- El eje X la masa de la muestra en gramos. La ecuación de P. Gy, se puede expresar como sigue:

La ecuación de P. Gy, se puede expresar como sigue:

$$\text{Log } S_{FE}^2 = \text{Log } C + 3 \text{Log } d - \text{Log } M_S$$



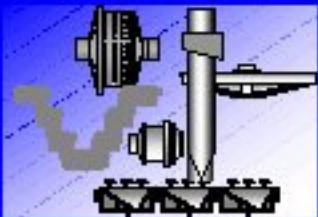
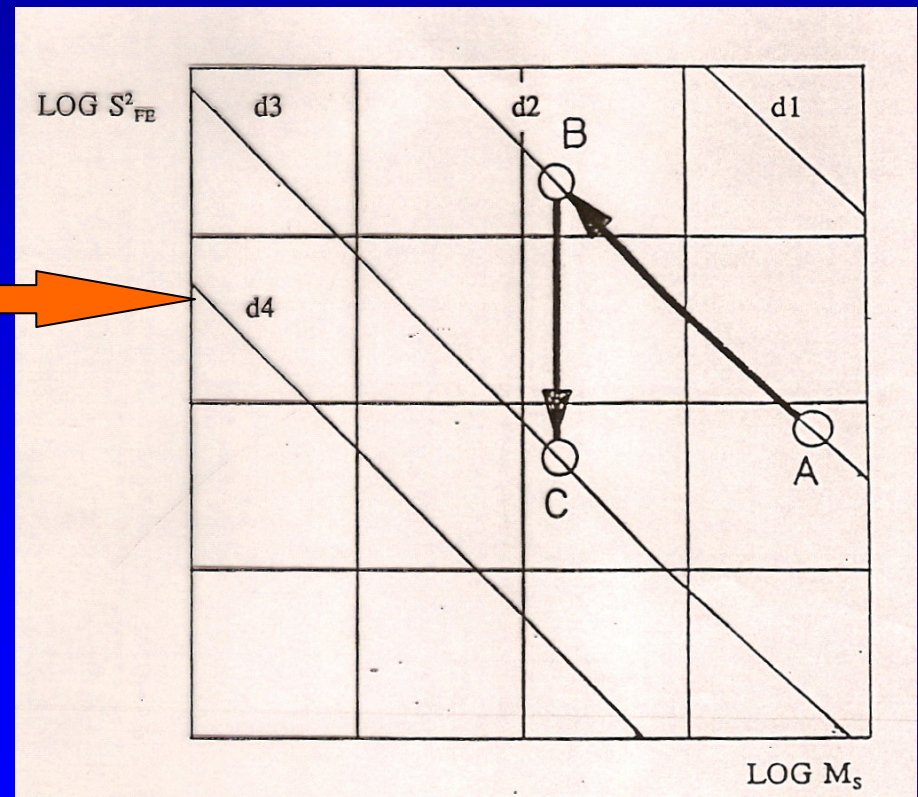
# Muestreo

Lo que simplificando es la ecuación de una recta de pendiente - 1

$$Y = C_1 + C_2 - X$$

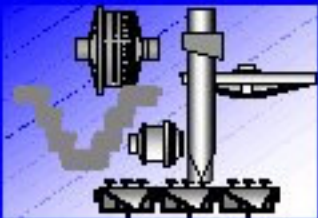
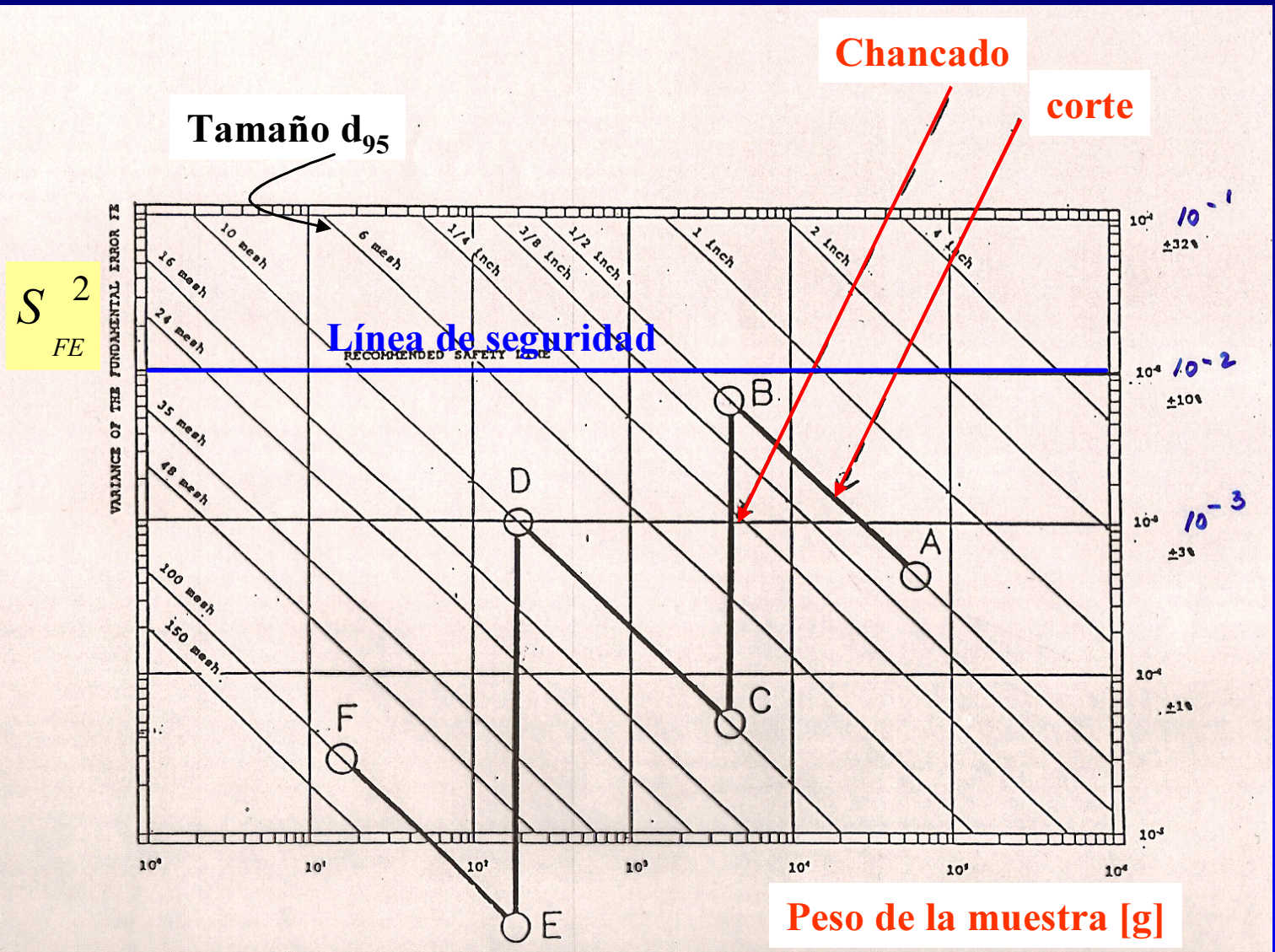
Para cada tamaño,  $d_i$ , tenemos una recta de pendiente - 1.

La operación no debe pasar la línea de seguridad recomendada (P. Gy, F. Pitard).



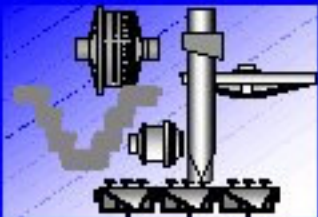
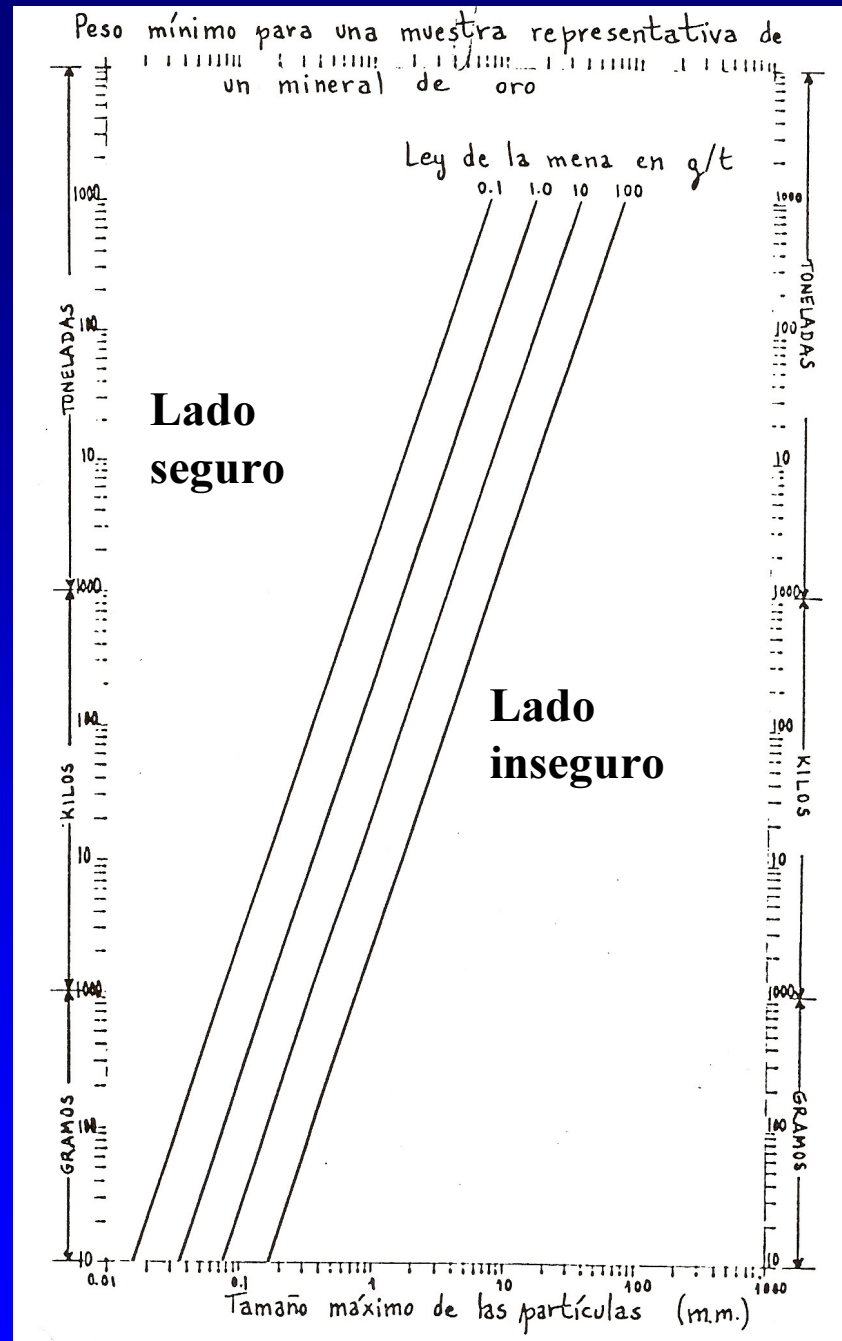


# Muestreo



# Muestreo

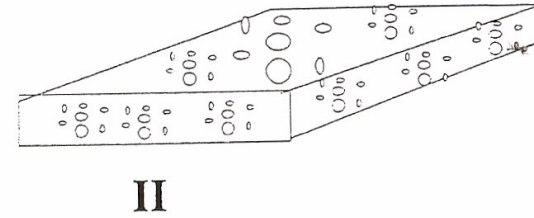
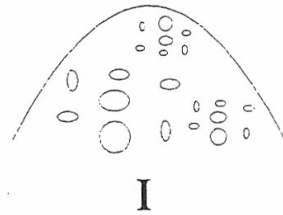
## Monograma para muestreo de un mineral de oro



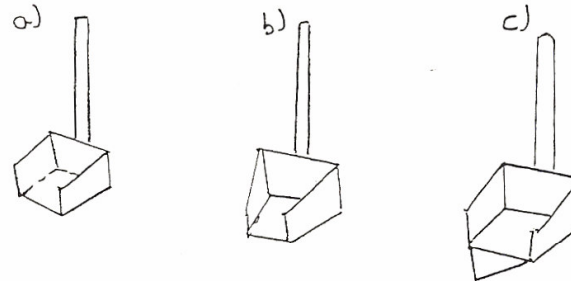
ticulados

# Muestreo

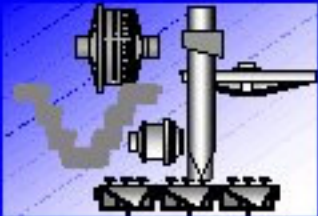
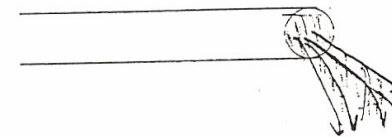
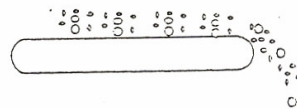
Caso (a) : ¿ Como muestrearía estos lotes de mineral?



¿ Con qué tipo de pala los muestrearía?



Caso (b) : ¿ Como muestrearía estos flujos de mineral?



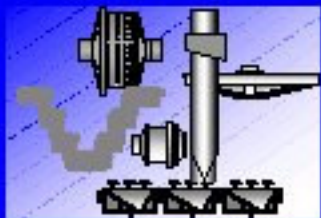
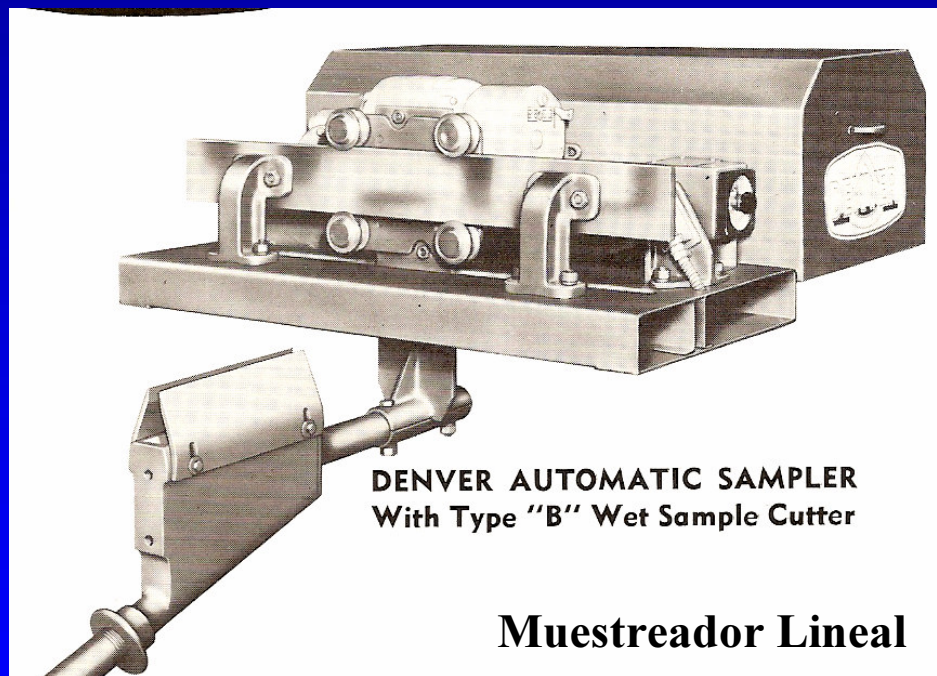


# *Muestreo*

---

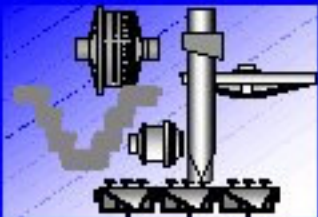
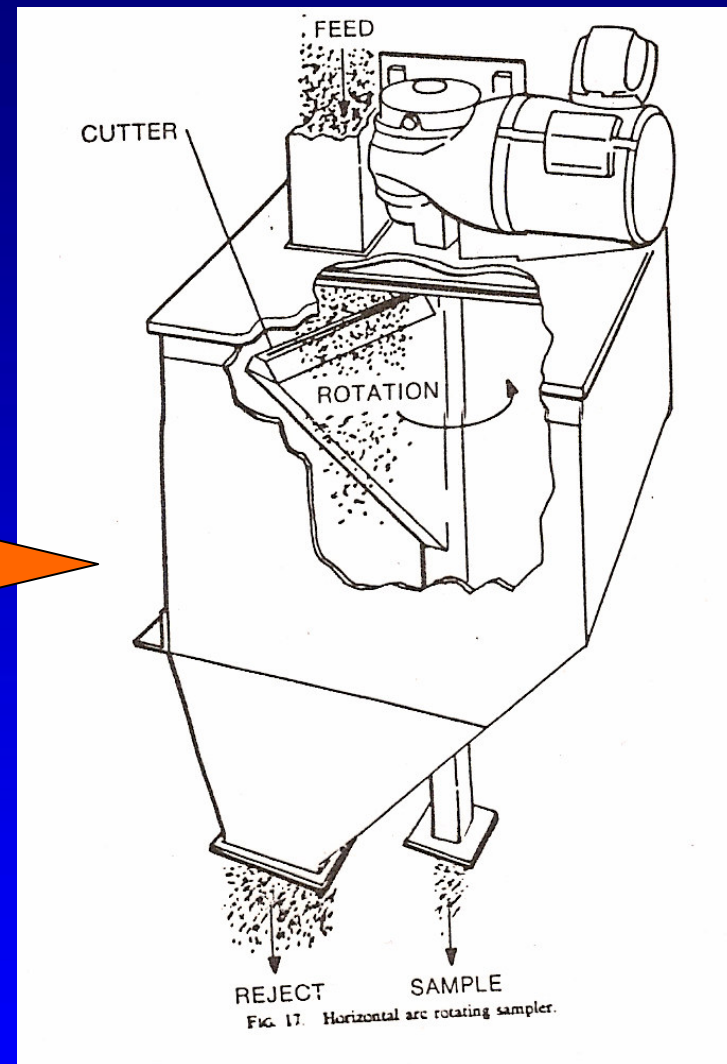
## ❖ Muestreo en línea

- ◆ Muestreadores ubicados a la descarga de correas o tuberías (muestreadores Lineales, rotatorios, etc.):



# Muestreo

Cortador de arco rotatorio tipo Vezin



# Muestreo

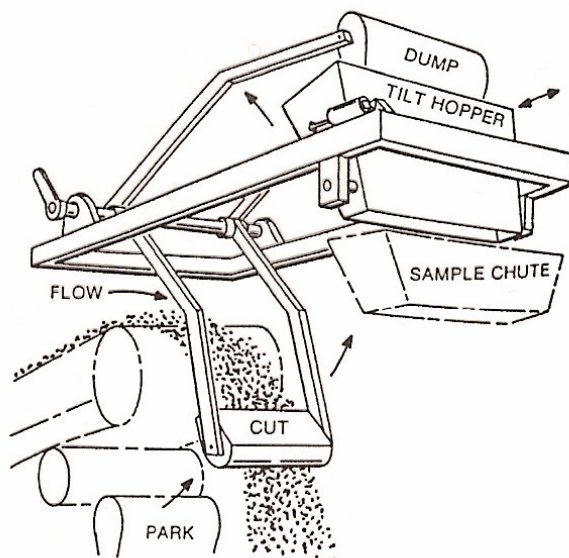


FIG. 15. Swing-arm linear sampler.

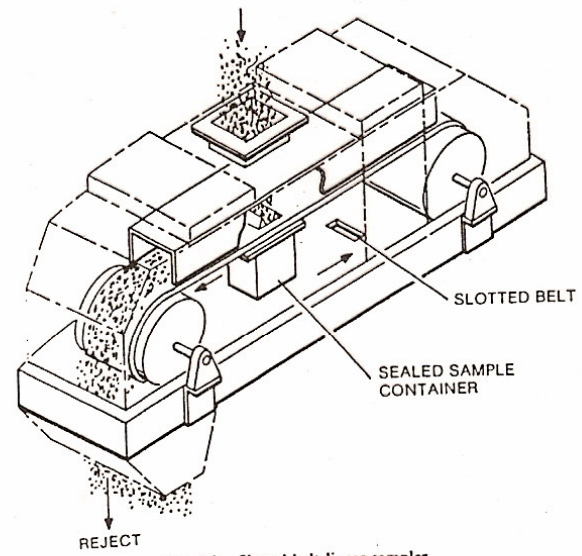
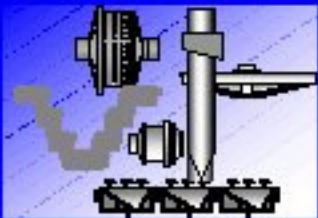


FIG. 16. Slotted belt linear sampler.





# Muestreo

## ❖ Criterio de diseño de muestreadores

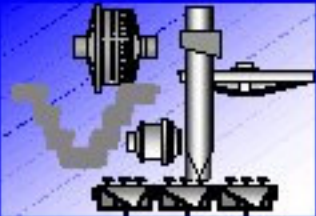
Los criterios de diseño para máquinas de muestreo y para cortadores de muestra son establecidos de acuerdo a la práctica y en limitado grado a la investigación.

### • *Abertura del cortador*

Depende del tamaño máximo de partícula ( $d$ ), se pueden encontrar las siguientes situaciones:

**Para  $d \geq 3 \text{ mm}$      $W = \text{Ancho cortador} \geq W_0 = 3 d$  (materiales gruesos)**

**Para  $d < 3 \text{ mm}$      $W \geq W_0 = 3 d + 10 \text{ mm}$  (materiales finos)**



## Muestreo

- *Velocidad del Cortador (lineal)*

La velocidad (V) debe ser uniforme (marcha continua).

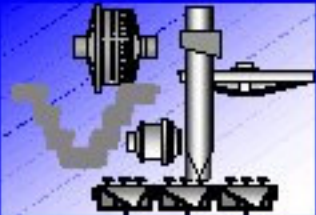
$$V \leq \left( 1 + \frac{W}{W_0} \right) \frac{V_0}{2}$$

$V_0$  = velocidad óptima de referencia = 600 mm/s

$W$  = Ancho cortador ( $W \geq W_0$ )

$W_0$  = Ancho mínimo ( $W_0 = 3 d$ , o  $W_0 = 3 d + 10$  mm)

Rango típico de V es de 8 pulg/s (203 mm/s) a 50 pulg/s (1270 mm/s)



# *Muestreo*

---

- *Volumen del cortador*

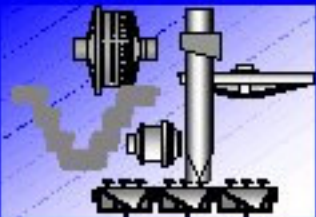
Debe ser suficientemente grande para evitar que las partículas que caigan golpeen en los bordes y salgan fuera del cortador.

$$V_C \geq 3 V_m$$

$V_C$  volumen de cortador y  $V_m$  volumen de la muestra

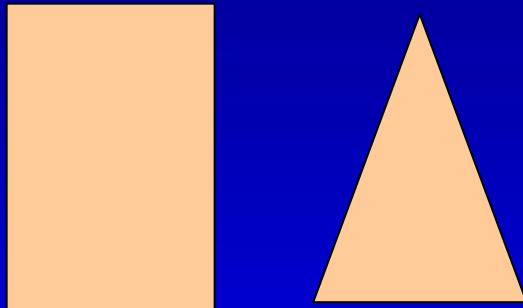
- *Bordes del cortador*

Paralelos o radiales (cortadores rotatorios) y perpendiculares al flujo (puede existir una pequeña inclinación).

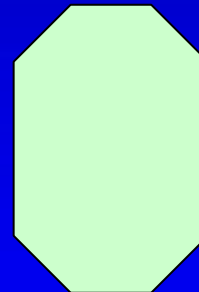


# Muestreo

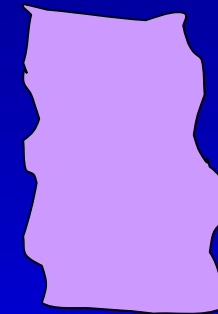
Bordes del Muestreador:



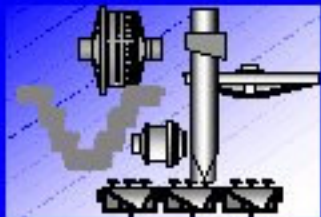
Bordes paralelos y radiales  
correcto



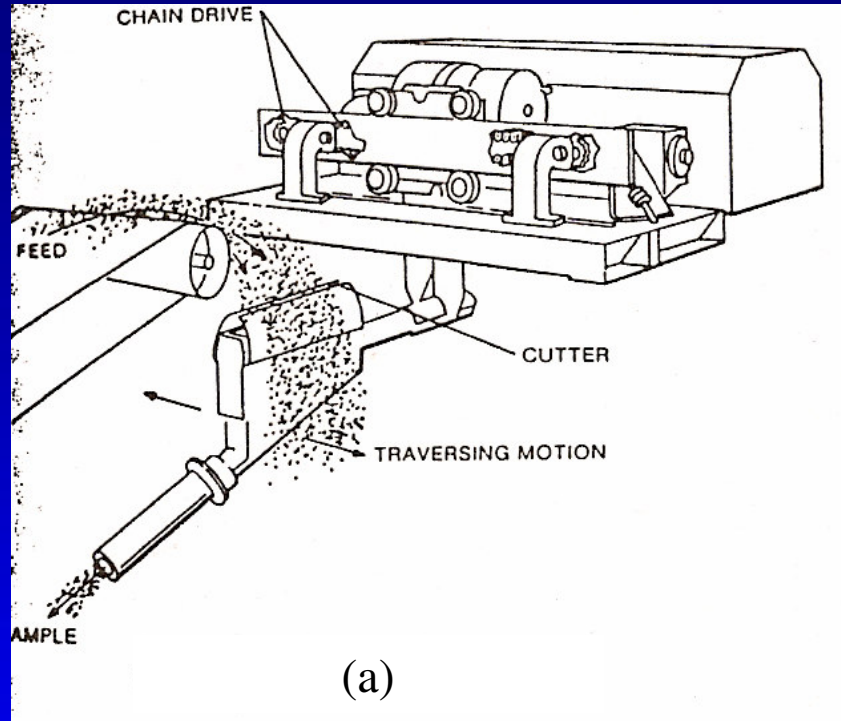
Bordes no paralelos  
Incorrecto  
Problemas de deimitación



Bordes irregulares  
Incorrecto  
Problemas de delimitación

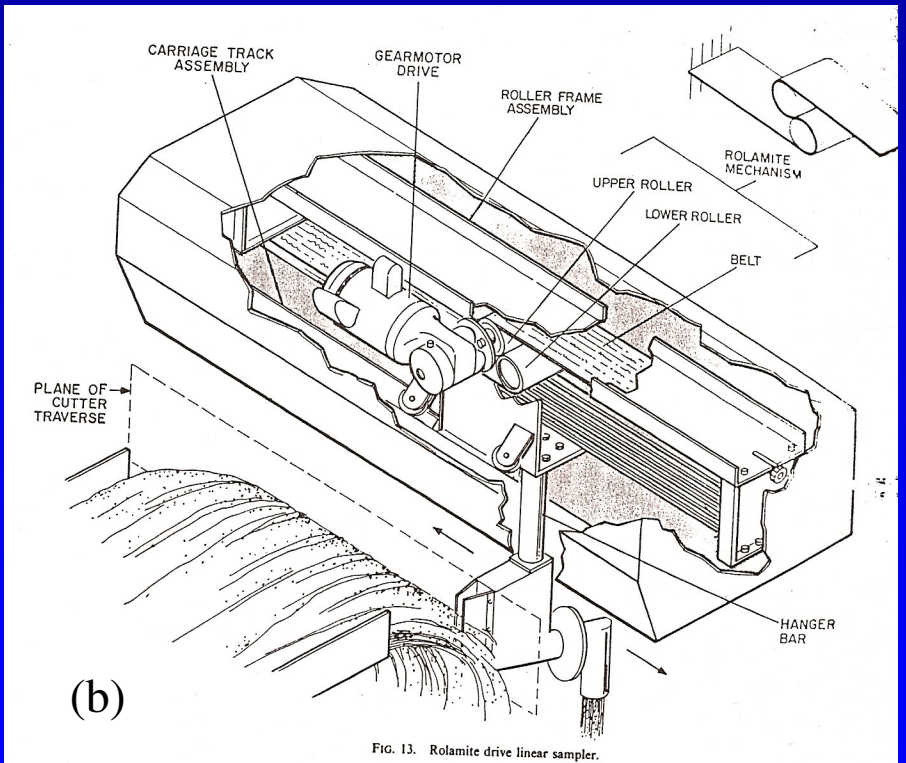


# Muestreo



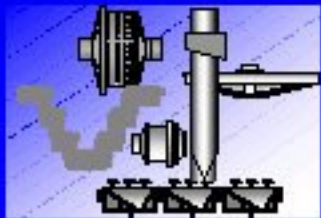
(a)

¿Qué cortador está posición correcta?

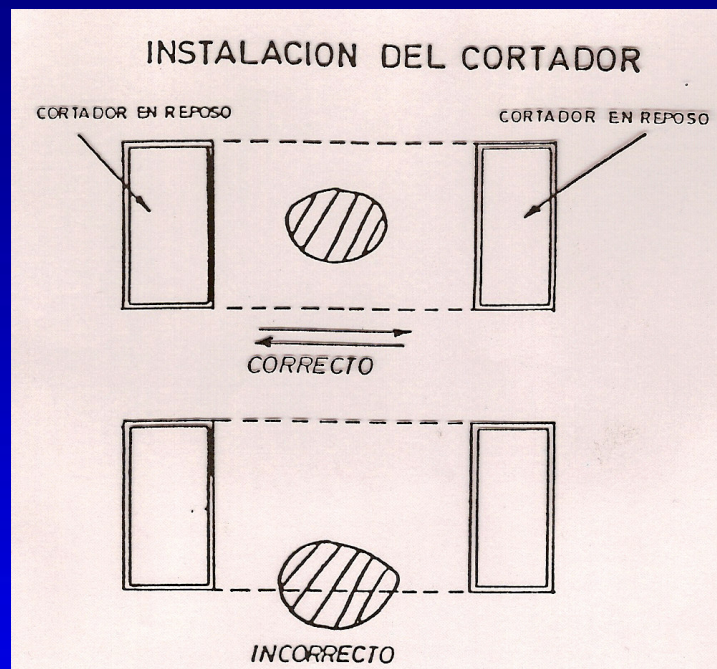


(b)

FIG. 13. Rolamite drive linear sampler.

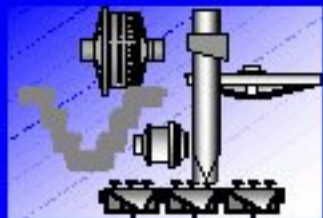
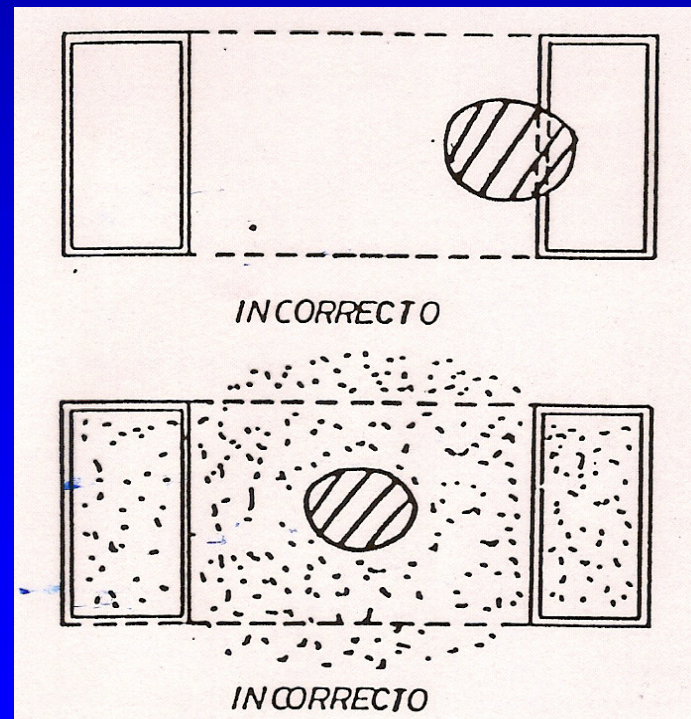


# Muestreo



- *Longitud del cruce del cortador*

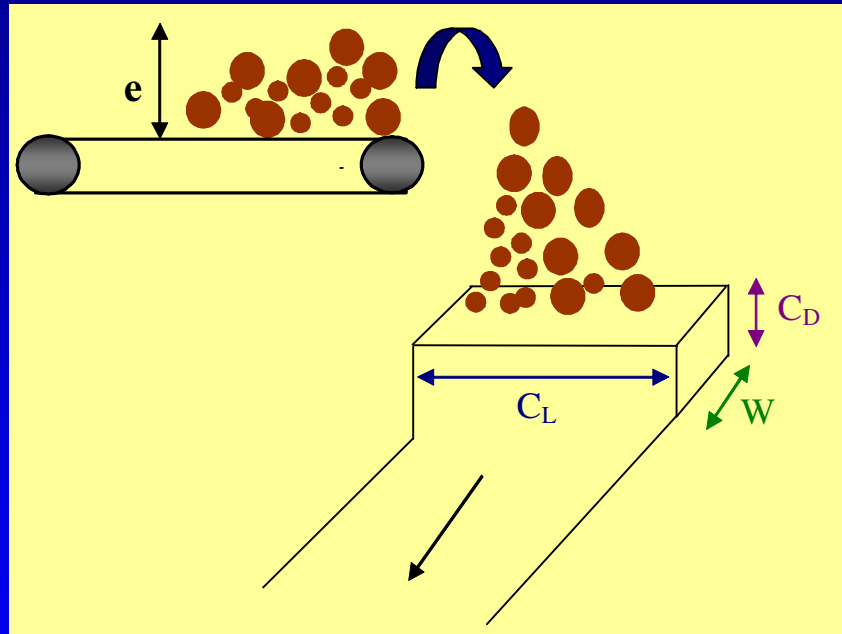
Debe estacionarse a 3 o más pulg. de la correa o sistema de transporte, en la dirección del movimiento.





# Muestreo

- Dimensiones de un cortador lineal

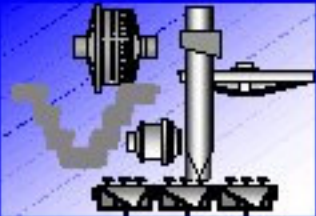


Se deben cumplir las siguientes relaciones:

$$C_D < 3 * d_{\max} \text{ pero } C_D \geq 10 \text{ cm}$$

$$W \geq 3 * d_{\max}$$

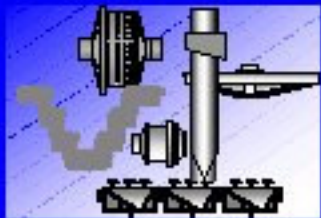
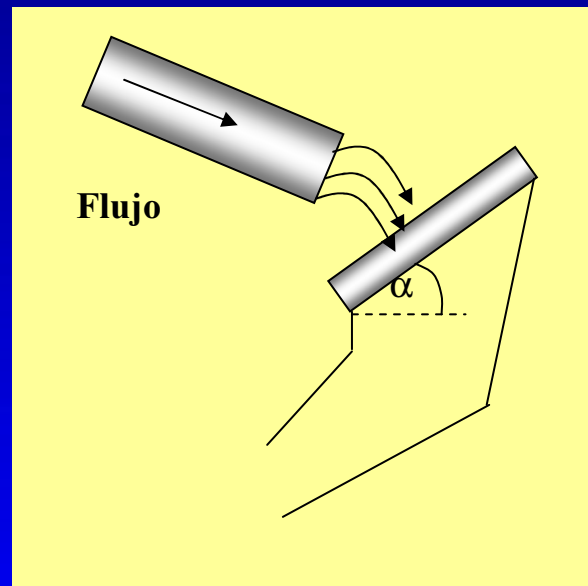
$$C_L \approx 3 * e$$



# *Muestreo*

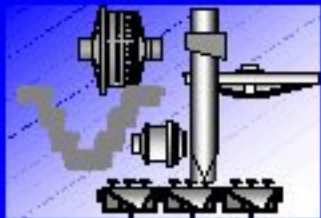
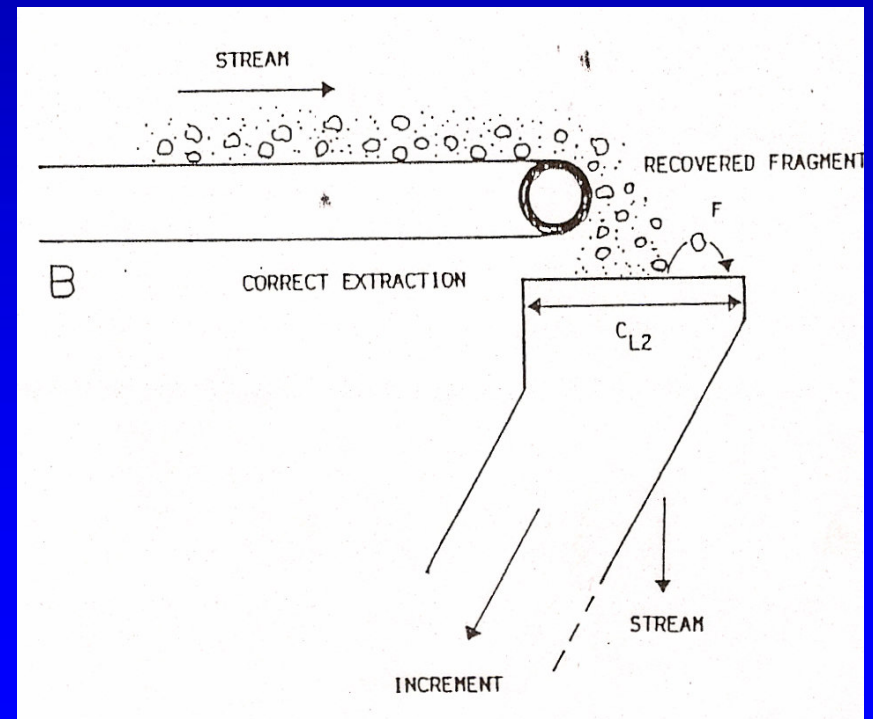
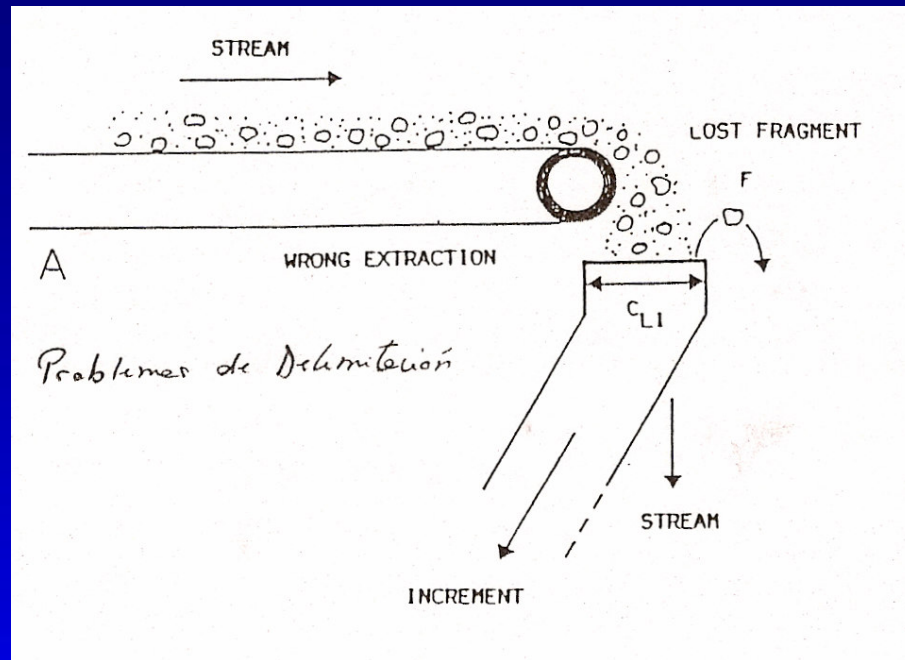
---

Ángulo de Inclinación del cortador,  $\alpha \leq 45^\circ$ .



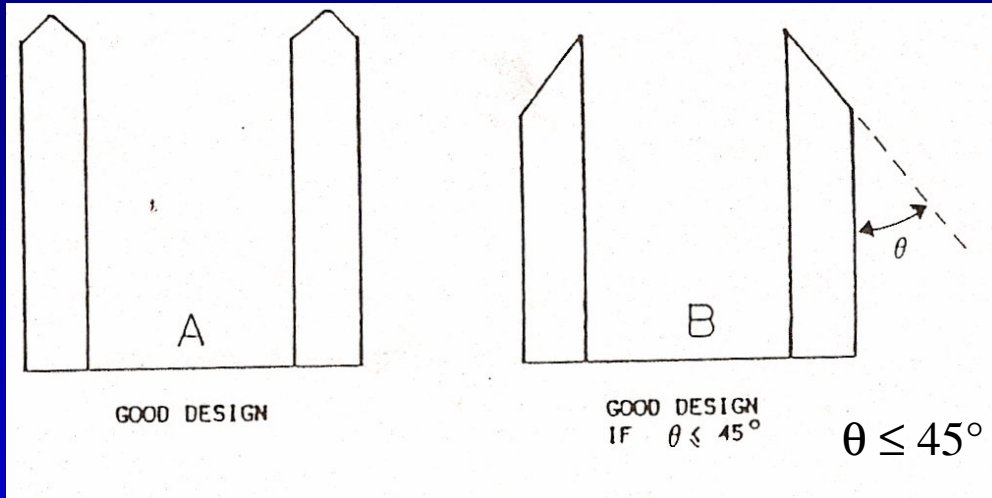


# Muestreo

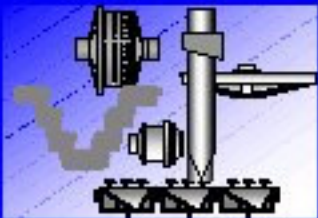
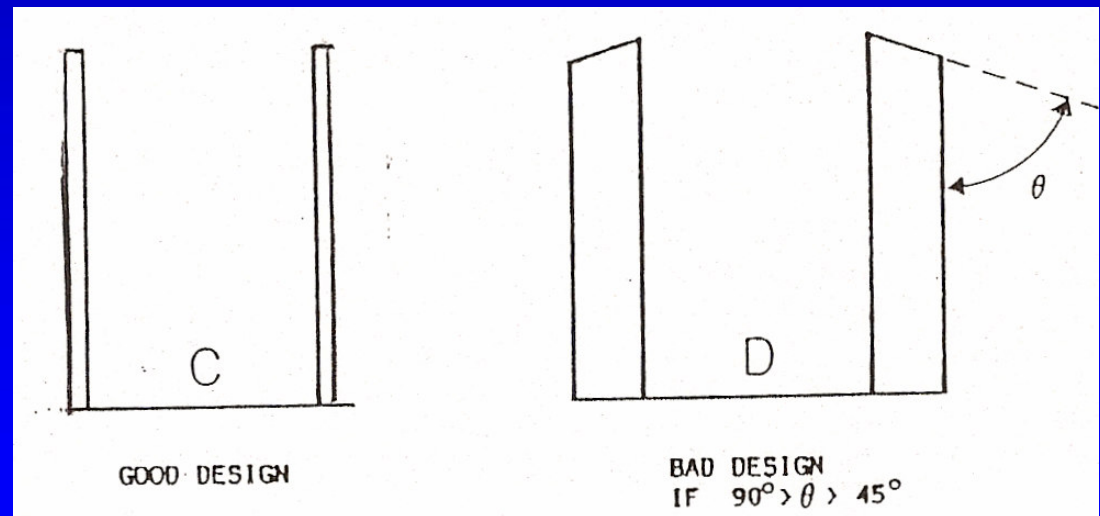




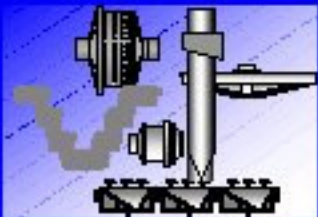
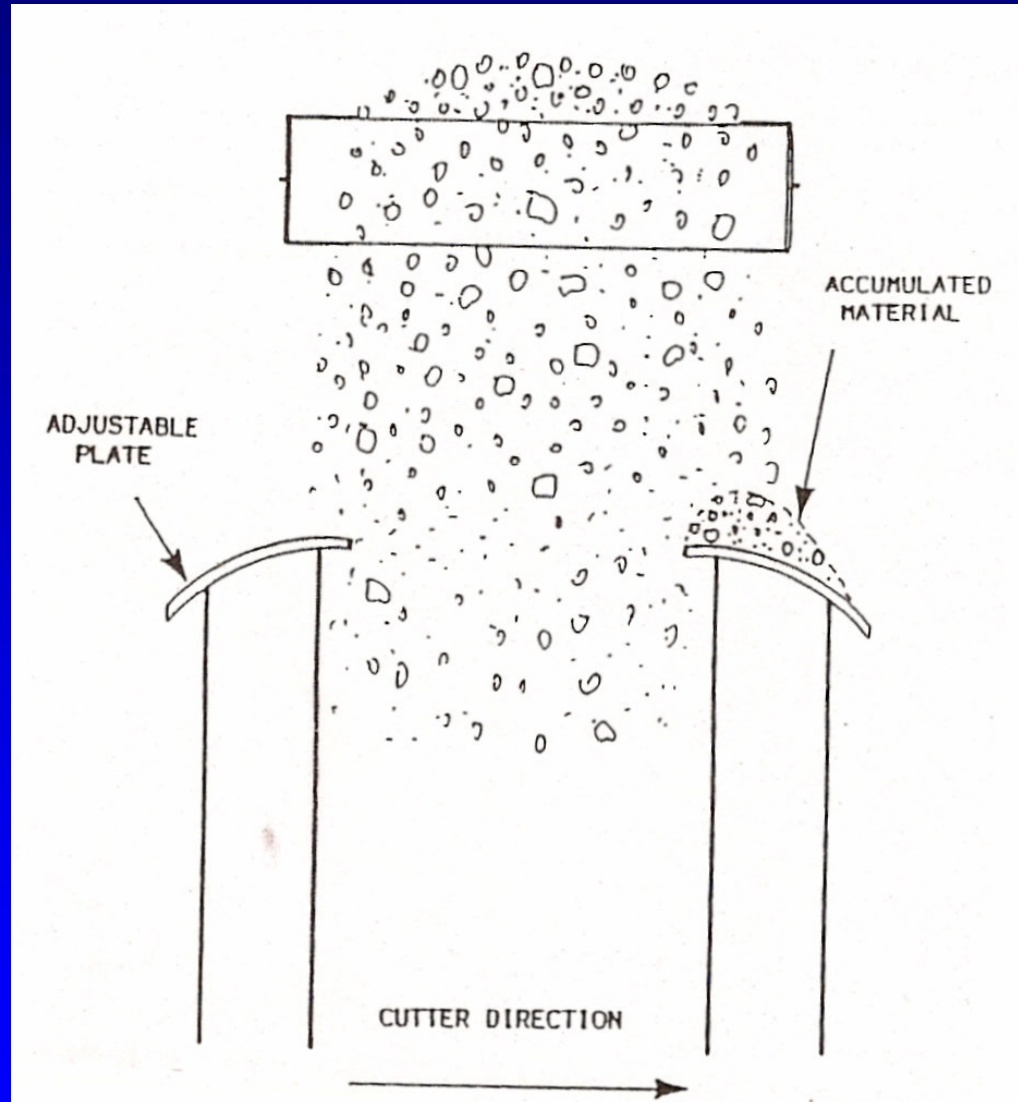
# Muestreo



Bordes superiores del muestreador



# Muestreo



## Muestreo

### ◆ *División por equipos mecánicos*

En los muestreos automáticos el cálculo de la masa obtenida por corte del muestreador es el siguiente:

$$M_{SC} = \frac{G_{Sa} * A_C}{v_C}$$

$M_{SC}$  = Masa de material por corte [kg, lb, etc.]

$G_{Sa}$  = Flujo másico de alimentación [kg/s, lb/s, etc.]

$v_C$  = Velocidad del cortador [cm/s, pulg/s, etc.]

$A_C$  = Ancho del cortador [cm, pulg, etc.]

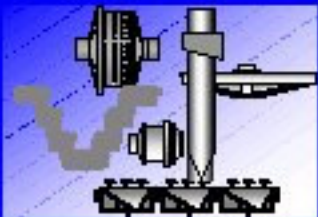
La masa total de muestra compuesta por los incrementos está dada por:

$$M_T = M_{SC} * N_C * h$$

$M_T$  = Masa total [kg, lb, etc.]

$N_C$  = Números de cortes por hora.

$h$  = Número de horas de operación.





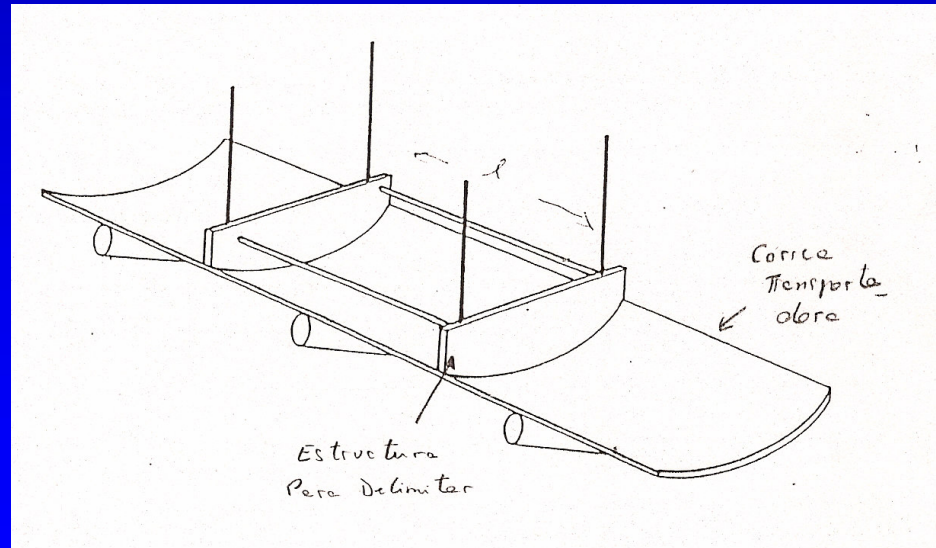
# Muestreo

## ❖ Puntos de muestreo en plantas

## ◆ Muestreo en correas

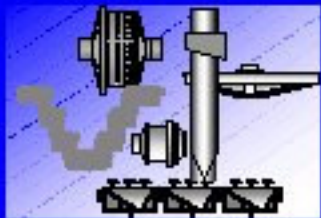
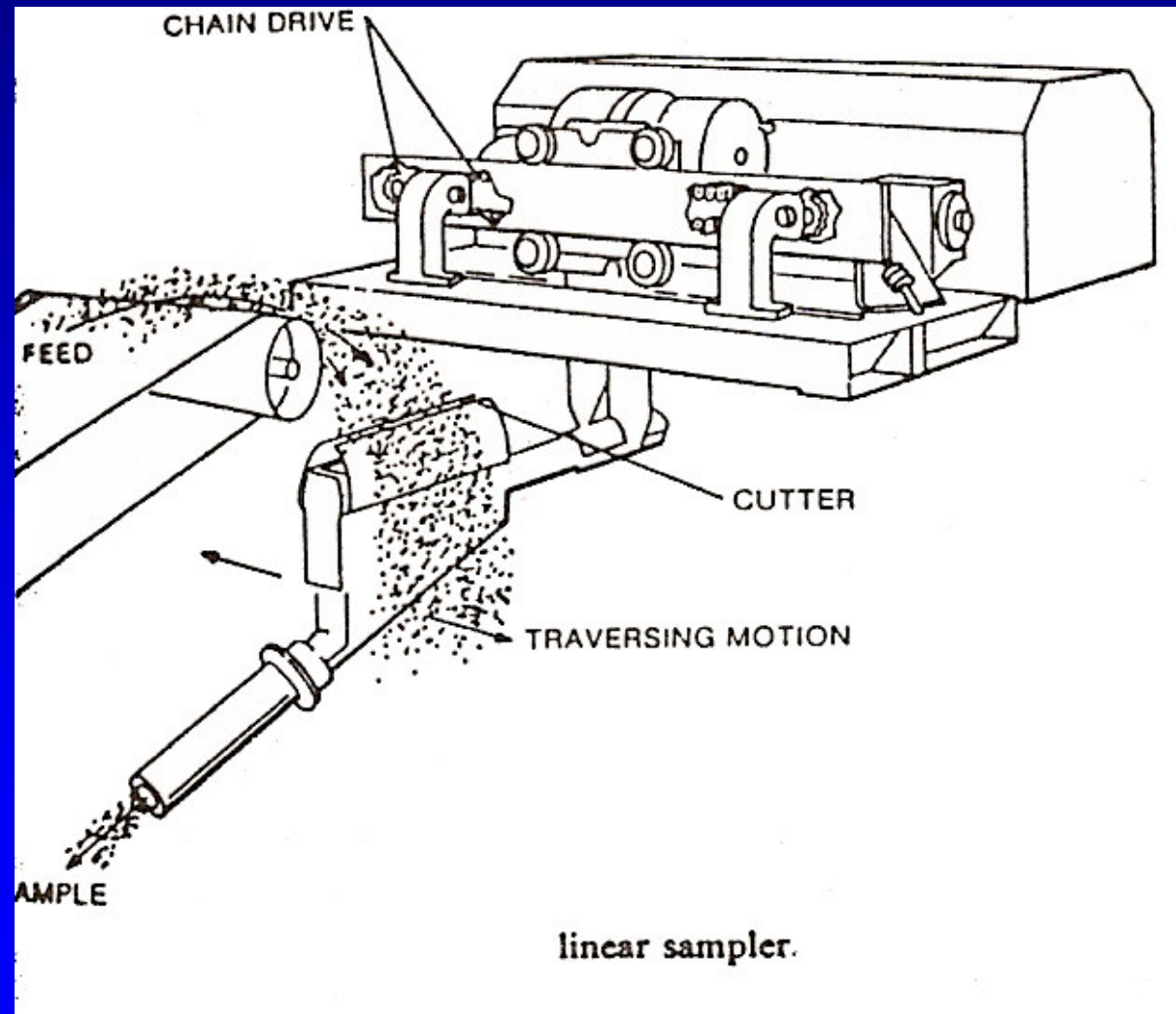
Se realiza por lo general con cortadores de muestras automáticos, lineales o rotatorios (Vezin), ubicados a la descarga de las correas y perpendiculares al flujo.

También se realizan muestreo fuera de línea para chequear los cortadores automáticos, para esto hay que detener las correas.



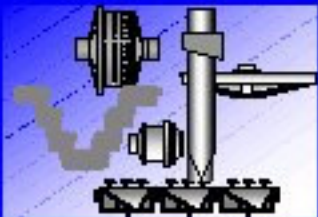
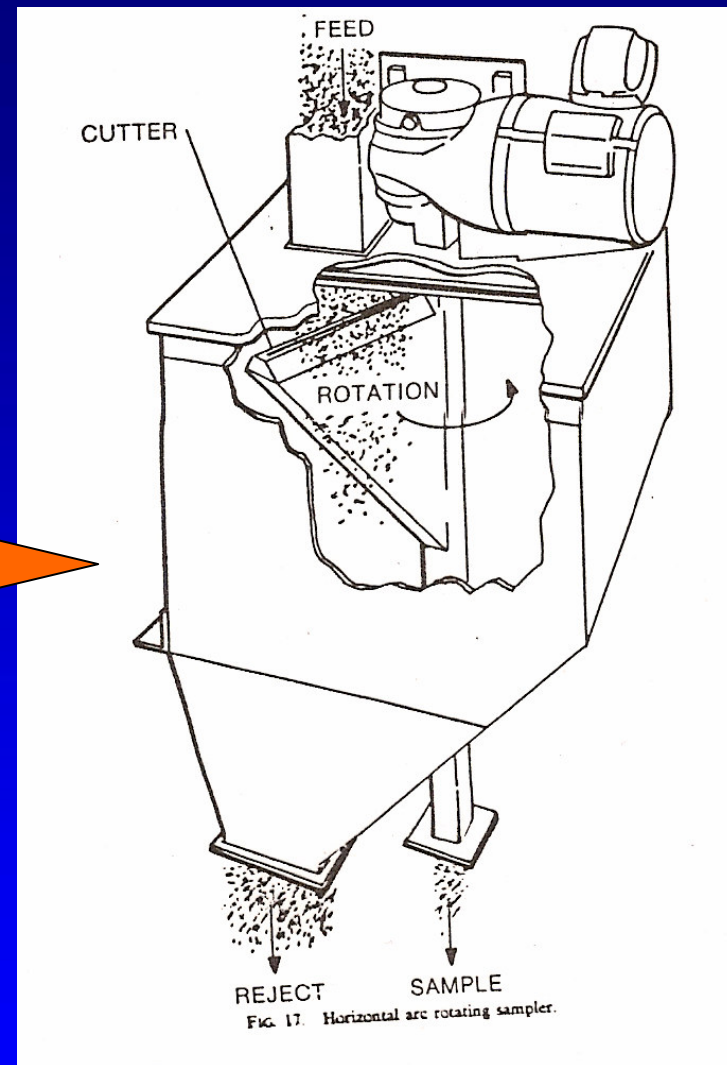
# Muestreo

## Muestreador lineal



# Muestreo

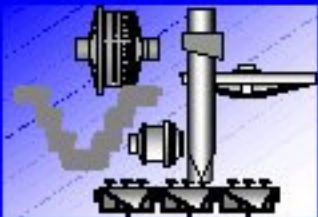
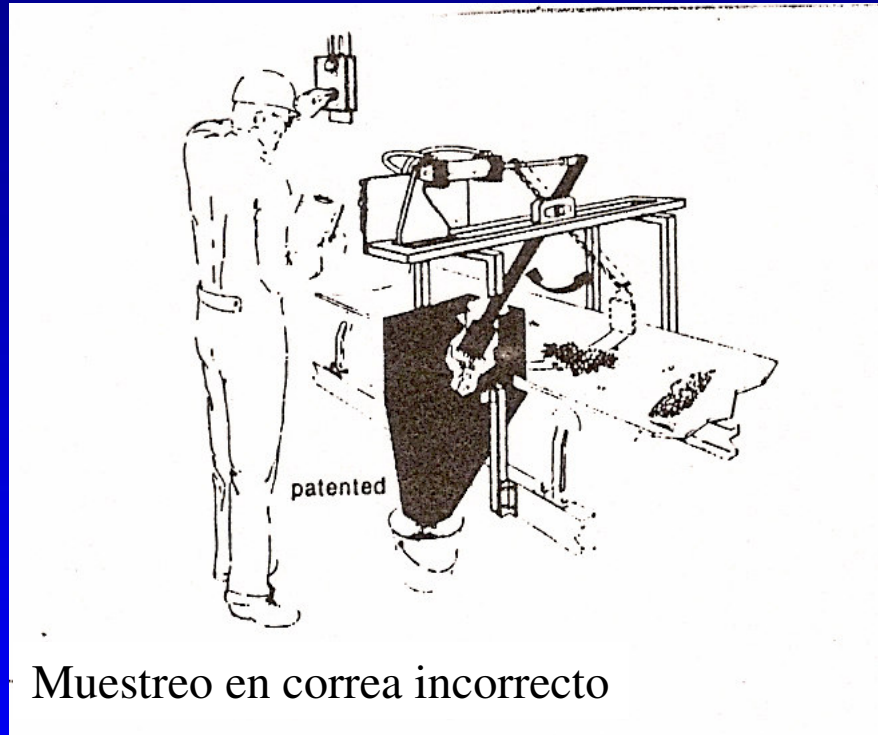
Cortador de arco rotatorio tipo Vezin





# *Muestreo*

---

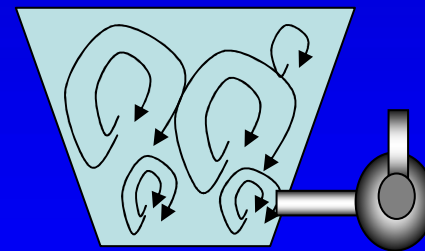
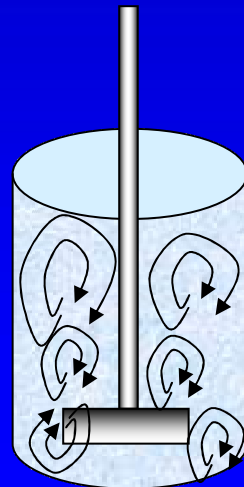
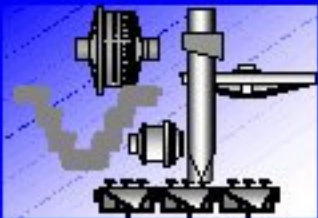


# Muestreo

## ◆ *Muestreo de pulpas*

Se realiza por lo general con cortadores de muestras automáticos, lineales o rotatorios (Vezin), ubicados a la descarga de las tubería o canaletas y perpendiculares al flujo.

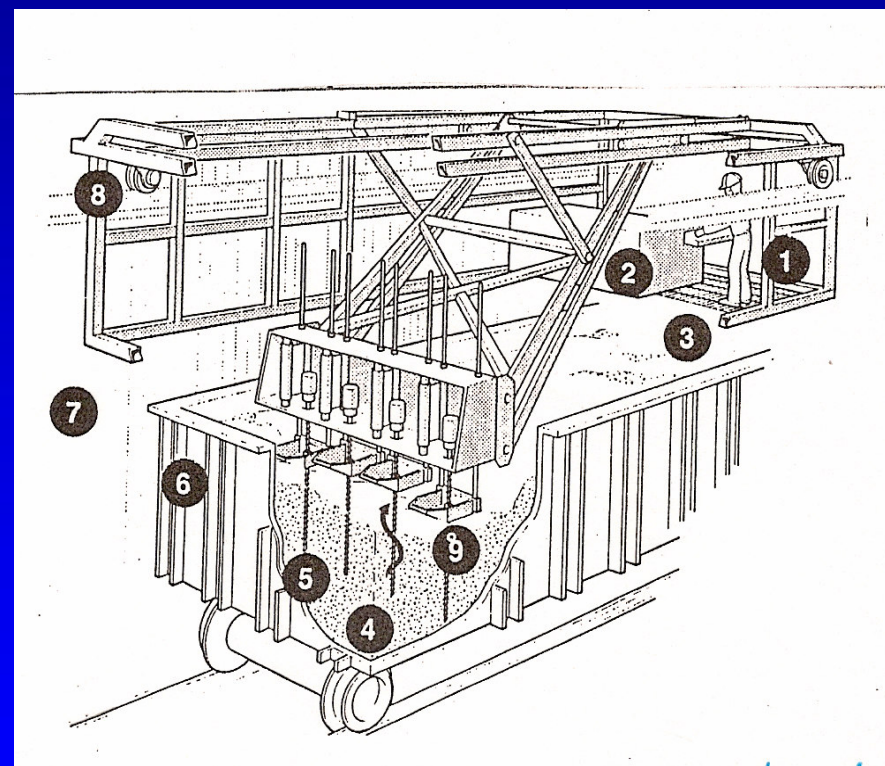
También se realizan muestreo fuera de línea para chequear los cortadores automáticos, para esto hay que muestrear en puntos de gran turbulencia para exista un buen mezclamiento y evitar la sedimentación.



# Muestreo

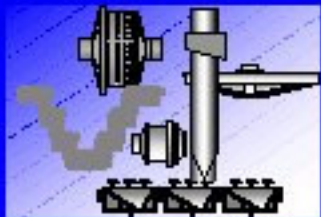
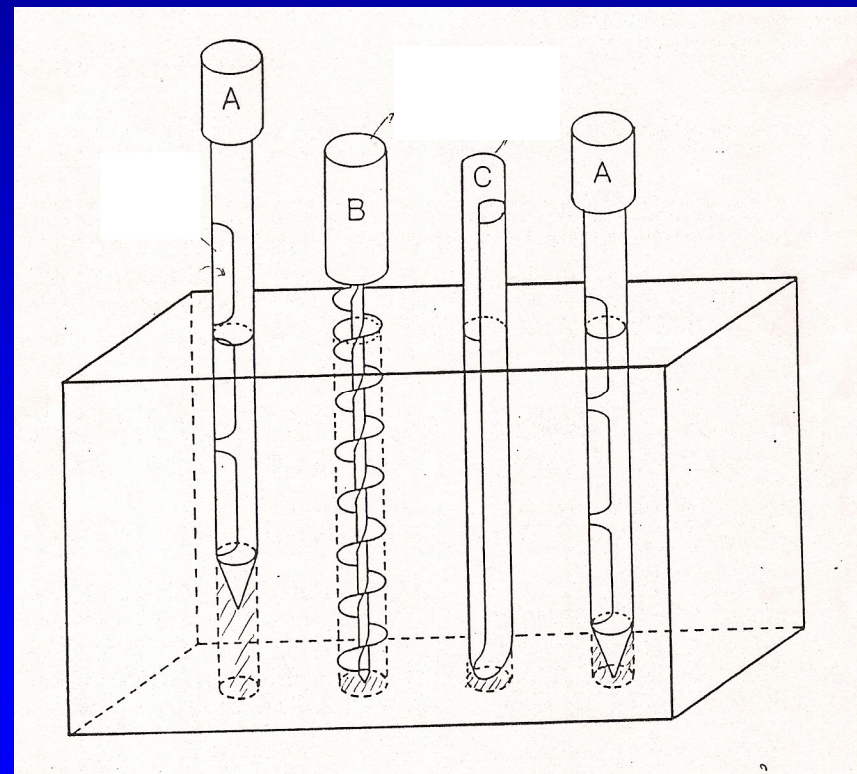
## ◆ Muestreo en camiones y vagones

Es difícil de realizar, ya que, para tener una muestra representativa se necesita muestrear desde la superficie hasta el fondo del camión o vagón. Para minimizar este problema se recomienda muestrear cuando se carga o descarga el camión o vagón.



# Muestreo

También existen sistemas tipo tubos de muestreo de diferentes formas que se instalan sobre el camión o vagón cuando se transporta concentrados (humedad aprox. 8%), el problema de este sistema es la delimitación, para esto hay que seleccionar bien el tubo para minimizar este efecto.



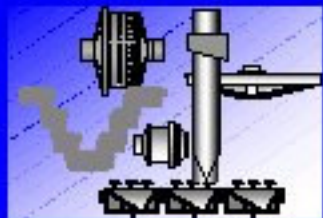
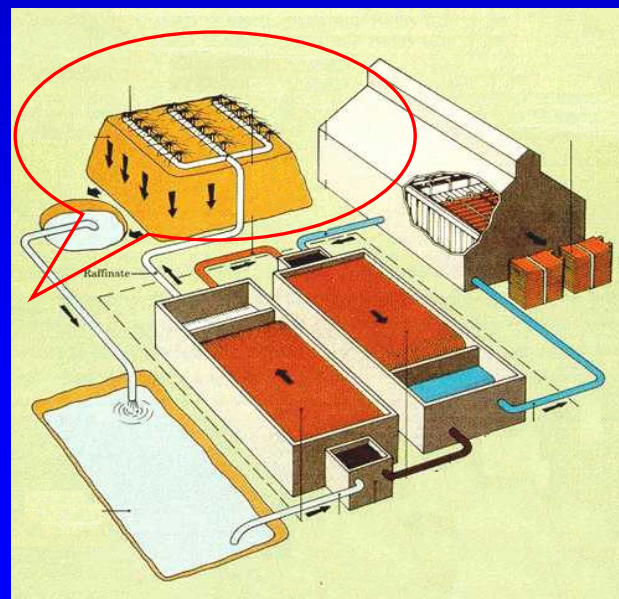
# Muestreo

## ◆ Muestreo en pilas de lixiviación

Es el **muestreo que genera mayor dificultad**, ya que, al igual que en el caso anterior, para tener una muestra representativa se necesita muestrear desde la superficie hasta el fondo de la pila, lo que es difícil de realizar por que se puede romper la carpeta plástica que se ubica al fondo de la pila.

Para minimizar este problema se recomienda muestrear cuando se carga y descarga de la pila. Si se conoce la topografía se podrían realizar sondajes con la precaución de no romper el plástico del fondo lo que es difícil de lograr.

**Pila de lixiviación**

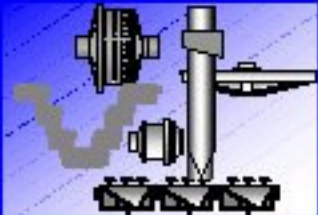




# *Muestreo*

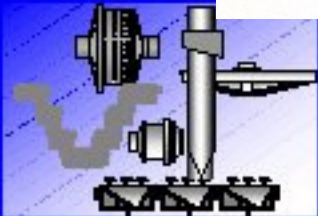
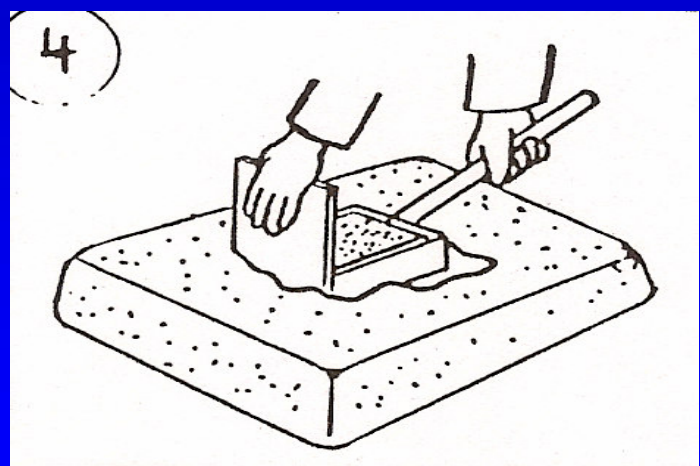
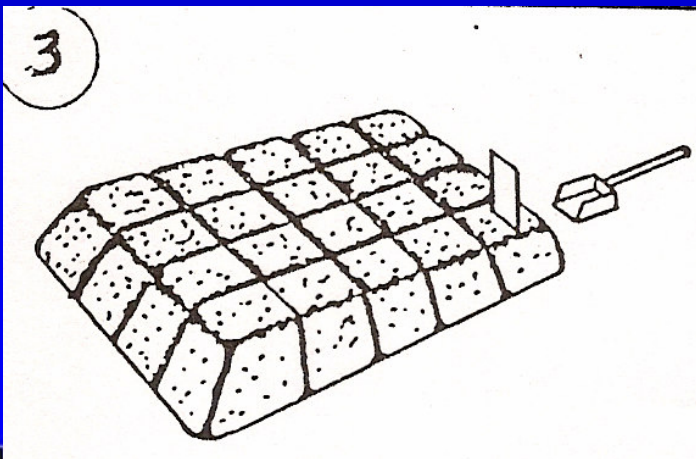
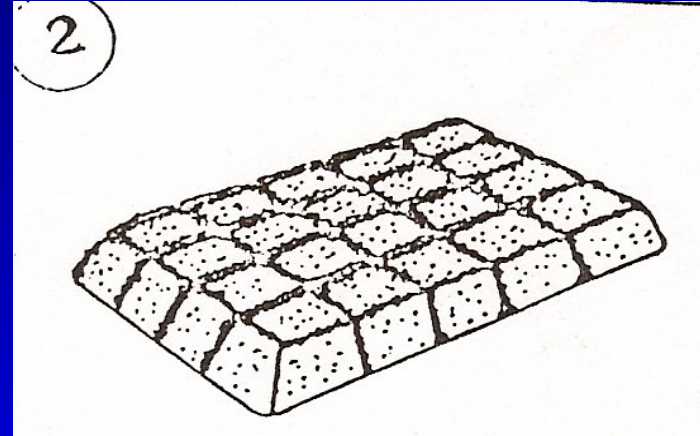
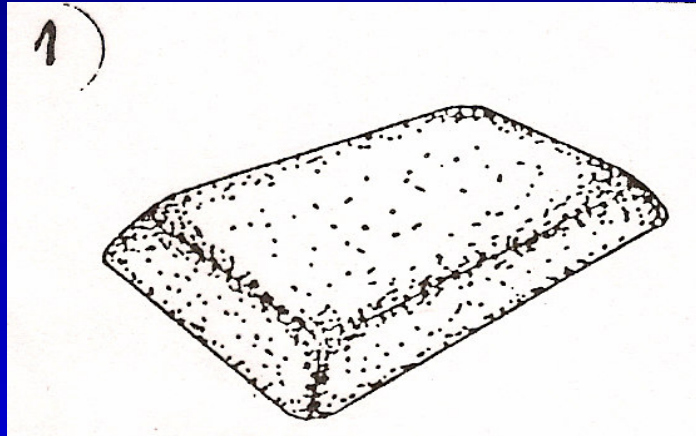
---

- ◆ **Métodos de subdivisión de muestras**
  - **División por Incrementos (palas)**
  - **División por Paladas Alternadas**
  - **División por Riffles**
  - **División por Equipos Mecánicos**
  - **División por Conos y Cuarteo**

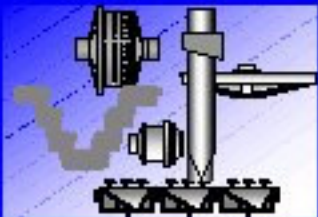
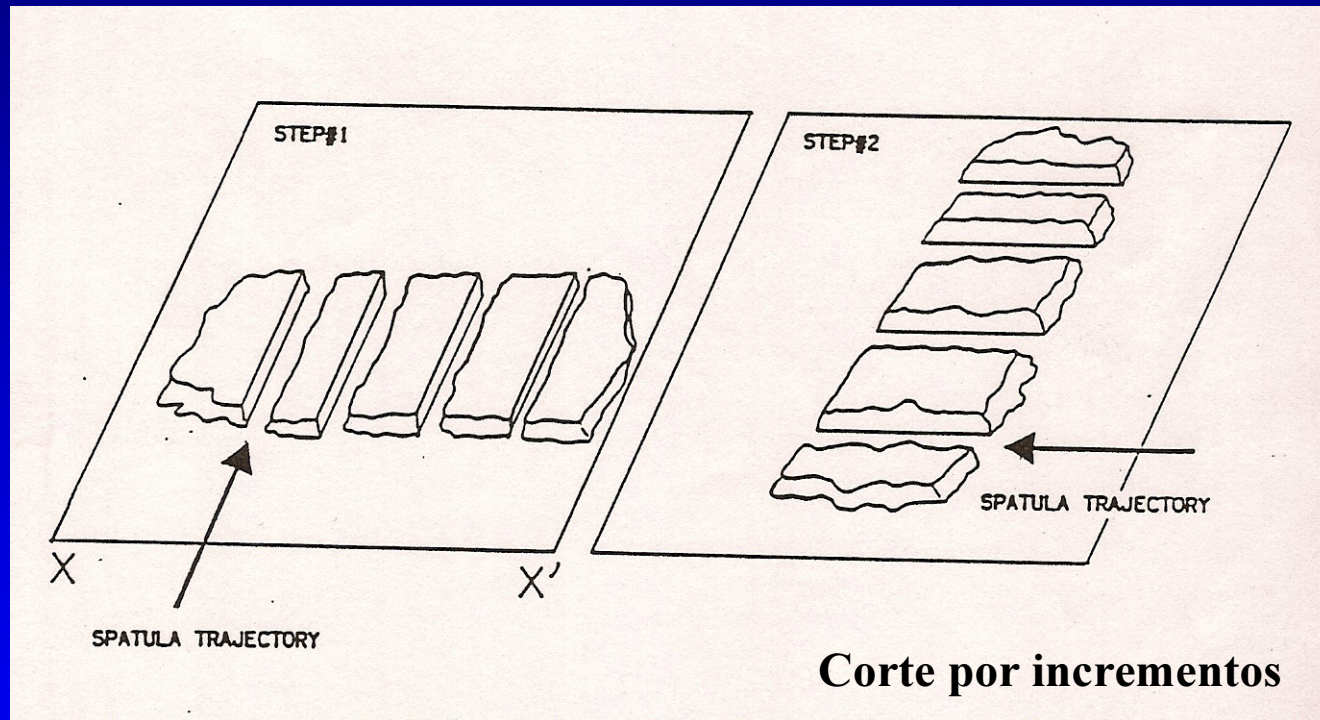


# Muestreo

## ➤ División por Incrementos (palas)



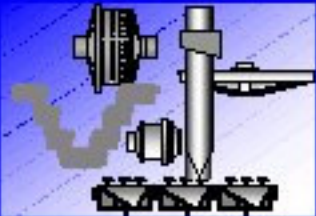
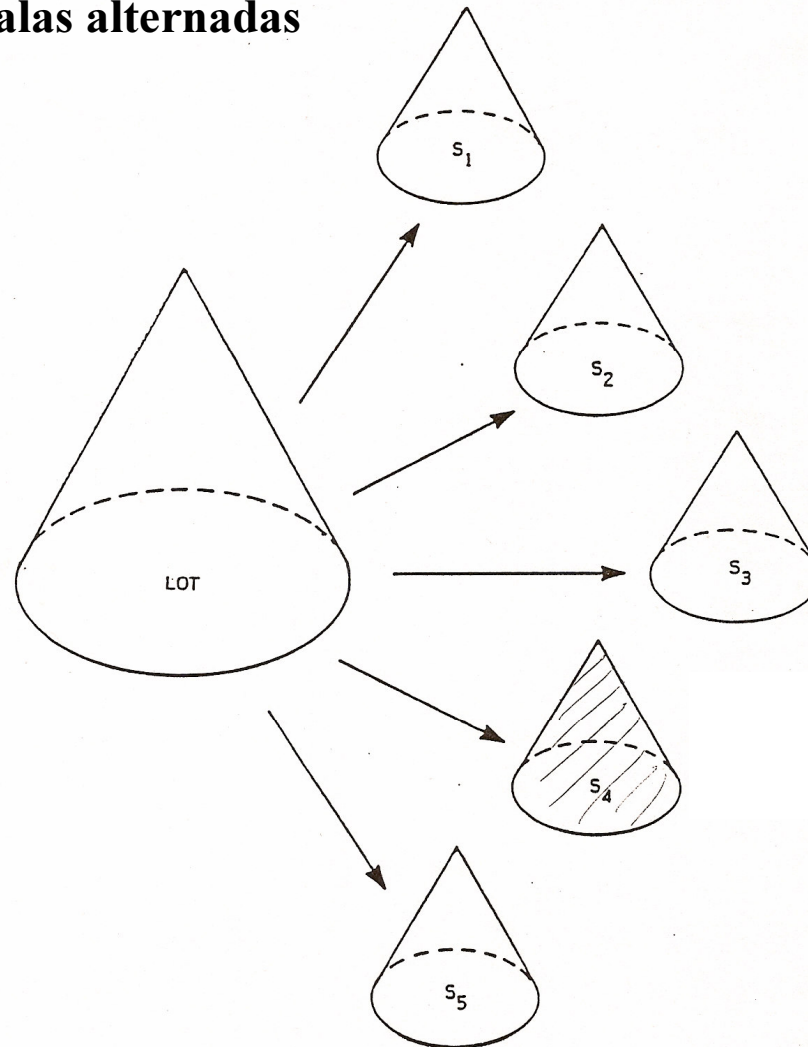
# Muestreo





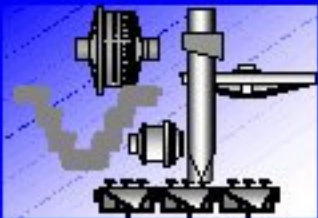
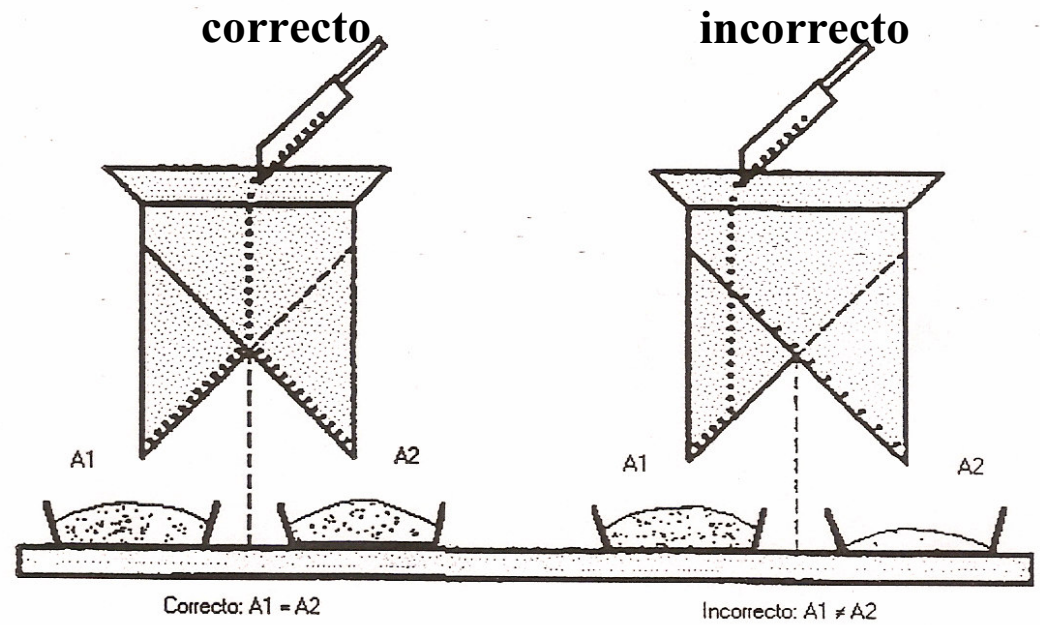
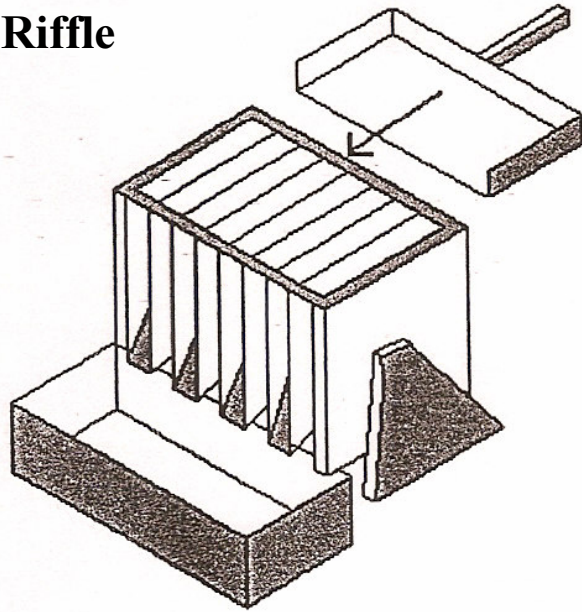
# Muestreo

## Palas alternadas



# Muestreo

Riffle



# *Muestreo*

---

## ❖ Resumen del procedimiento de muestreo

### ➤ Identificar el lote a muestrear

Definir el lote y su tamaño

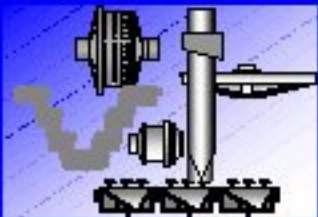
Si el lote es grande ( $> 2000$  t) hay que hacer sub-lotes.

### ➤ Determinar el tamaño de la muestra compuesta

Usar la ecuación de P. Gy

### ➤ Determinar el tamaño, número y método de obtención de los incrementos requeridos

Dependerá del tamaño del lote, leyes de los elementos de interés, variación de las leyes en el lote, tipo de muestreo (correas, tambores, etc.), variabilidad del proceso, etc.



# *Muestreo*

---

- Desde el lote entero tomar aleatoriamente o sistemáticamente el número requerido de incrementos

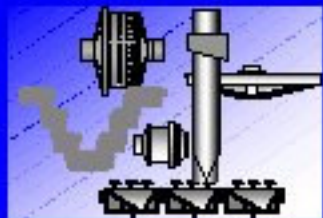
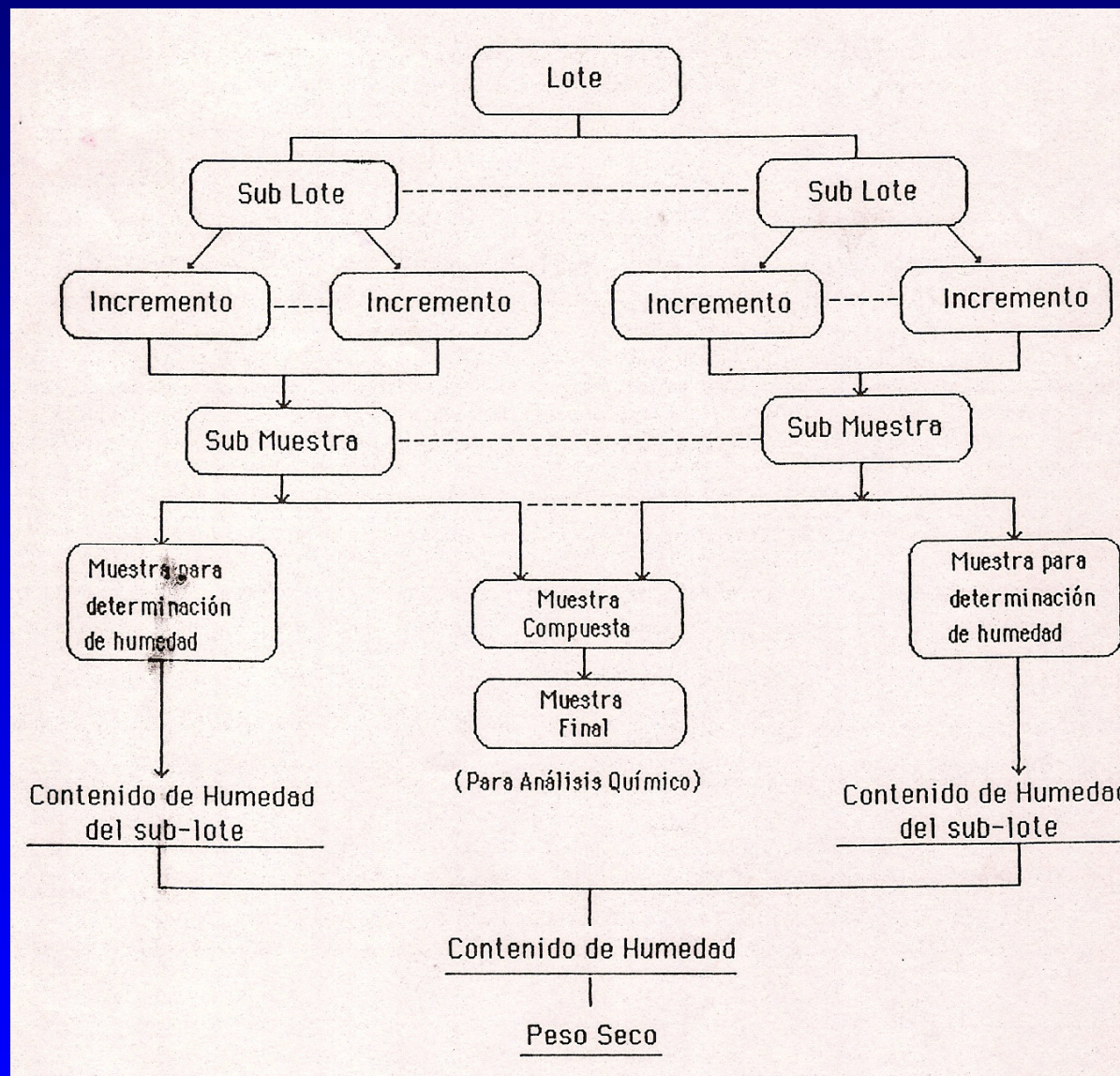
Considerar el tamaño especificado en el punto anterior y formar con los incrementos la muestra compuesta.

- Según sea necesario, preparar la muestra (reducción de tamaño, sub-divisiones).





# Muestreo



# Muestreo

