

A photograph of an industrial facility, likely a refinery or chemical plant, featuring several large, cylindrical storage tanks and a complex network of metal scaffolding and walkways. The sky is blue with some clouds. The image is partially obscured by a white diagonal shape on the right side.

Ejercicios prácticos

Unidad 1

Ejercicio 1

SE PRETENDE LLENAR UN SILO EXISTENTE CON MATERIAL DE MOLIENDA, SABIENDO QUE:

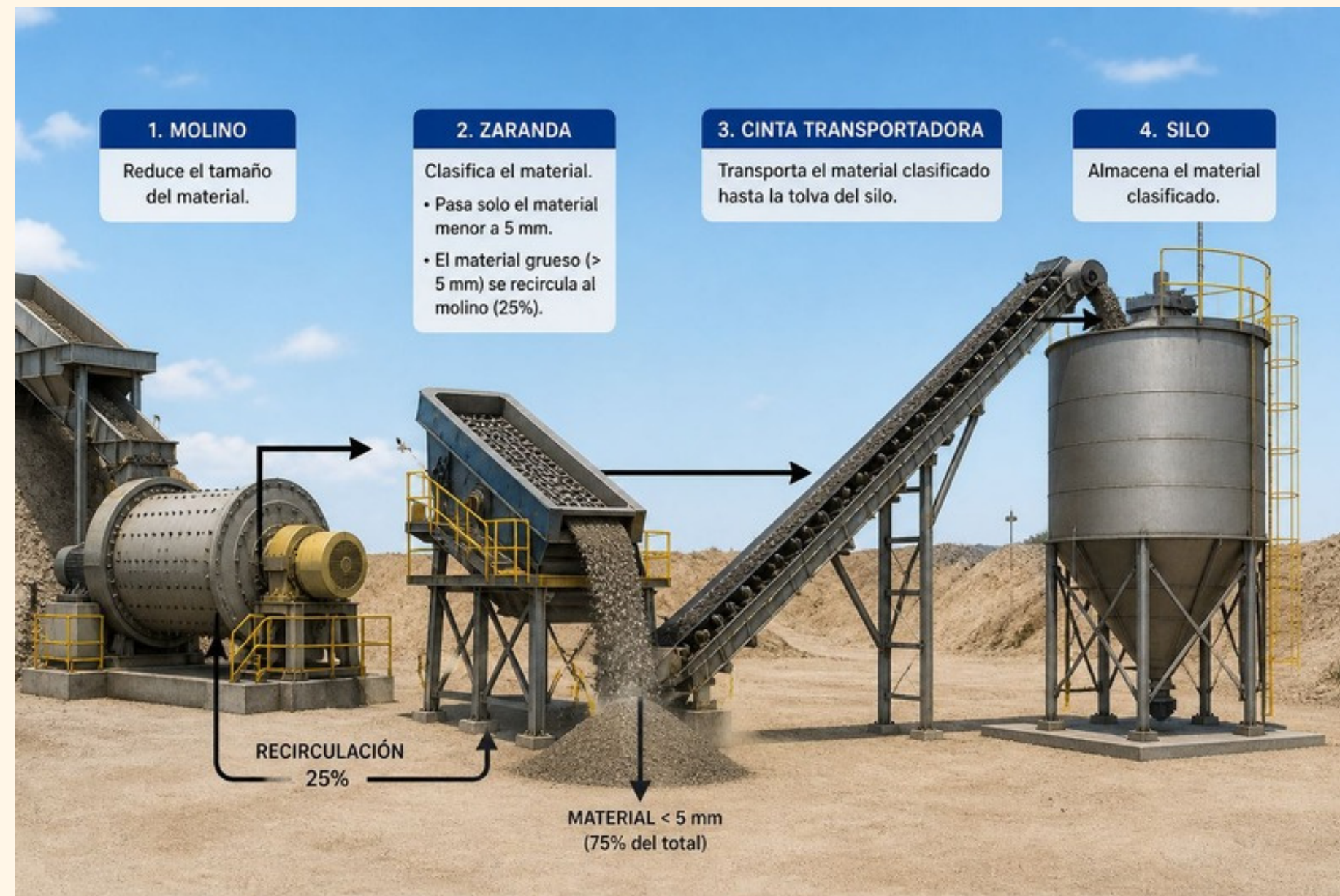
- EL MATERIAL DE MOLIENDA TIENE UN PESO ESPECÍFICO ρ DE= 4,5 KG/DM³.
- EL MOLINO TIENE UNA CAPACIDAD DE HASTA 70 TN/HS.
- A LA SALIDA DEL MOLINO EL MATERIAL ES CLASIFICADO EN UNA ZARANDA CON VIBRACIÓN QUE PERMITE SOLAMENTE EL PASO DE MATERIAL INFERIOR A LOS 5 MM DE DIÁMETRO. EL MATERIAL CON DIÁMETROS SUPERIORES A LOS 5 MM ES RECIRCULADO A LA ENTRADA DE CARGA DEL MOLINO, EN EL ORDEN DEL 25 % DEL TOTAL.
- DICHA ZARANDA PUEDE CLASIFICAR 15 M³/HS. (METROS CÚBICOS POR HORA)
- A LA SALIDA DE LA ZARANDA, SE ENCUENTRA UNA CINTA TRANSPORTADORA DE 1 METRO DE ANCHO, QUE SE DESPLAZA A UNA VELOCIDAD DE 3 METROS/MINUTO, Y LO CONDUCE A LA TOLVA DE INGRESO AL SILO, CUYA CAPACIDAD DE TRANSPORTE ES DE 60.000 CM³/METRO.
- SE TRABAJA CON UN MATERIAL QUE POSEE UN PROMEDIO MÁXIMO DEL 6 % DE HUMEDAD, PARA EVITAR UNA VOLATILIZACIÓN DE FINOS, Y QUE DESPRECIAMOS A LOS FINES DEL CÁLCULO DE TONELADAS DEL SILO, PUES EL PESO ESPECÍFICO ρ DEL AGUA ES MENOR QUE EL DEL MATERIAL EN CUESTIÓN.

1. CUANTOS MINUTOS SE TARDA EN LLENAR EL SILO

2. CALCULO DEL PUNTO CRÍTICO

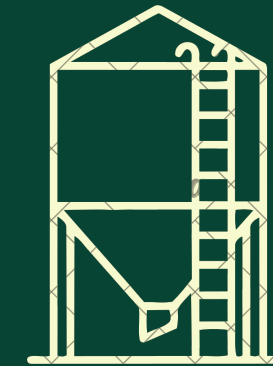
Proceso:

Molino → Zaranda → Cinta transportadora → Silo



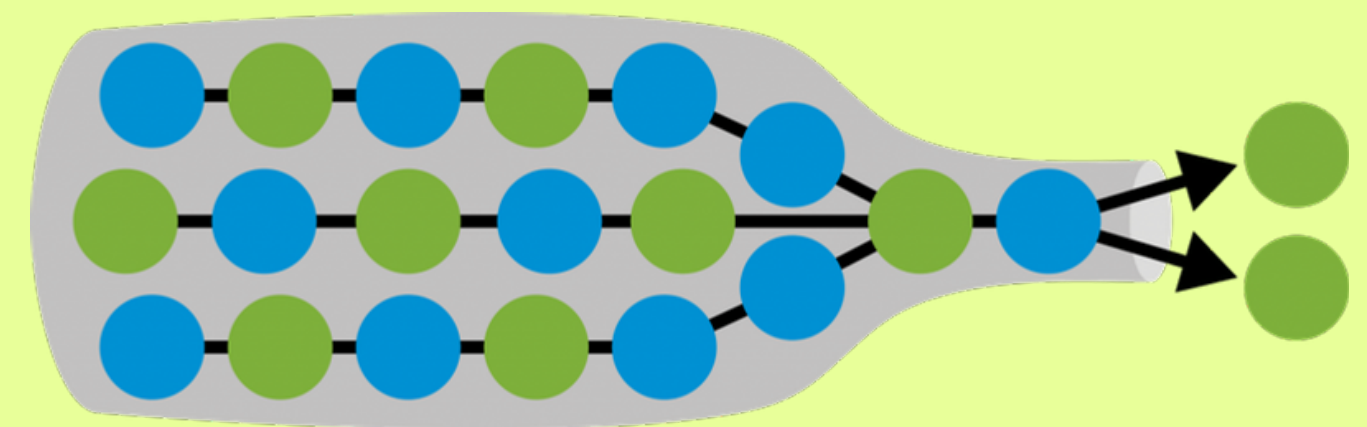
No vamos a ver unicamente el silo, si no, comprenderlo como un proceso industrial

Capacidad geométrica del silo



Cono superior, cilindro, cono inferior

Encontrar el cuello de botella



Tiempo de llenado:
 $\text{Capacidad a llenar} / \text{Caudal efectivo}$

Caudal de los equipos:
Análisis de la capacidad de:

- Molino
- Zaranda
- Cinta transportadora
- Recirculación

1. Cuantos minutos se tarda en llenar el silo

Calculamos el tiempo de llenado del silo como:

$$T_{llenado} = \frac{V_{Total}}{Vel_{Cinta}}$$

Tenemos que tener en cuenta que el volumen total va a ser la suma de los volúmenes del cono superior, inferior y del cilindro del silo:

$$V_{Total} = V_{cono\ sup} + V_{cono\ inf} + V_{cilindro}$$

Volumen del cilindro

Volumen del cono superior:

$$V_{cono\ sup} = \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times h$$

$$V_{cono\ sup} = \frac{1}{3} \times \pi \times (1m)^2 \times 1m = 1,04\ m^3$$

Volumen del cono inferior:

$$V_{cono\ inf} = \frac{\pi \times h \times (R^2 + R \times r + r^2)}{3}$$

$$V_{cono\ inf} = \frac{\pi \times 2m \times (1m^2 + 1 \times 0,2 + 0,2^2)}{3} = 2,59\ m^3$$

$$V_{cilindro} = \pi \times r^2 \times h$$

$$V_{cilindro} = \pi \times (1m)^2 \times 3m = 9,42\ m^3$$

$$V_{Total} = (1,04 + 2,59 + 9,42)m^3$$

$$V_{Total} = 13,05\ m^3$$

Calculamos la velocidad de la cinta como

$$Vel_{cinta} = 0,06 \frac{m^3}{m} \times 3 \frac{m}{min} = 0,18 \frac{m^3}{min}$$

Entonces el tiempo de llenado nos queda

$$T_{llenado} = \frac{13,05 m^3}{0,18 \frac{m^3}{min}}$$

$$T_{llenado} = 72,5 min$$

Capacidad del molino:

$$C_{molino} = 70.000 \frac{Kg}{h}$$

Capacidad de clasificación de Zaranda

$$C_{zaranda} = 15 \frac{m^2}{h} \times 4.500 \frac{Kg}{m^2} = 67.500 \frac{Kg}{h}$$

Tomando en consideración que el 25% del material con diámetros superiores a los 5 mm es recirculado a la entrada del molino, la capacidad a la salida de la zaranda queda como

$$C_{salida zaranda} = 67.500 \frac{Kg}{h} \times 75\% = 50.625 \frac{Kg}{h}$$

2. Cálculo del punto crítico

Para obtener el punto crítico a mejorar para lograr reducir los tiempos de llenado se debe analizar cuál de los volúmenes entregados por la zaranda, la cinta y el silo es el menor

Capacidad de la Zaranda:

$$C_{zaranda} = \frac{72,55 min}{60 min} \times 15 \frac{m^2}{h} \cdot 75\%$$

$$C_{zaranda} = 13,60 \frac{m^3}{h}$$

Velocidad de la cinta

$$Vel_{cinta} = 0,06 \frac{m^3}{m} \times 3 \frac{m}{min} \times 60 \frac{min}{hora}$$

$$Vel_{cinta} = 10,8 \frac{m^3}{hora}$$

Volumen total del silo

$$V_{Total} = 13,05 m^3$$

Como se observa, el volumen entregado por la transportadora es menor al resto de los equipos, por ende, allí se encuentra el punto crítico.



Ejercicios prácticos

Unidad 2

Ejercicio 1

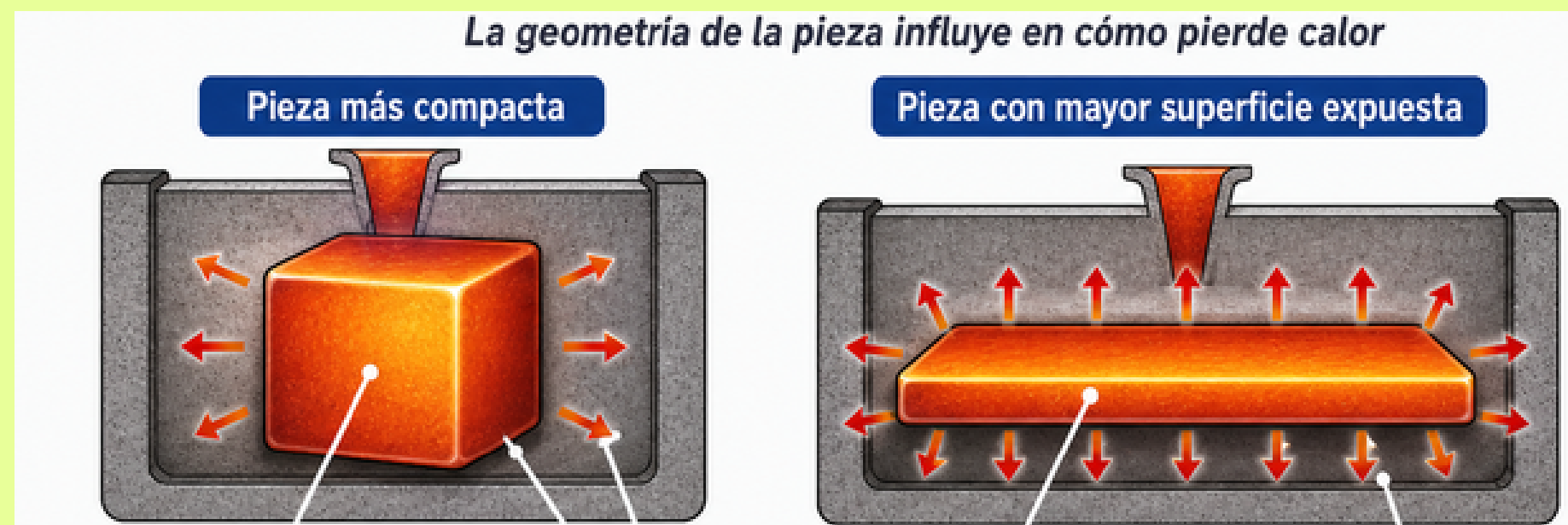
SE SABE QUE, EN LA FUNDICIÓN DE ACERO BAJO CIERTAS CONDICIONES, LA CONSTANTE DEL MOLDE PARA LA REGLA DE CHVORINOV ES , SEGÚN EXPERIENCIAS PREVIAS. LA FUNDICIÓN ES UNA PLACA PLANA CUYA LONGITUD ES DE 300 MM, EL ANCHO ES 100 MM Y EL ESPESOR ES 20 MM.

DETERMINAR CUÁNTO TIEMPO TARDARÁ LA FUNDICIÓN PARA SOLIDIFICAR

CONCEPTOS BÁSICOS:

LAS PIEZAS NO SOLIDIFICAN AL AZAR
EL TIEMPO DEPENDE DE LA GEOMETRIA
EL DISEÑO DE LA PIEZA INFLUYE EN EL PROCESO

UNA PIEZA CON MÁS VOLUMEN RELATIVO Y MENOS SUPERFICIE EXPUESTA, TARDA MÁS EN PERDER CALOR



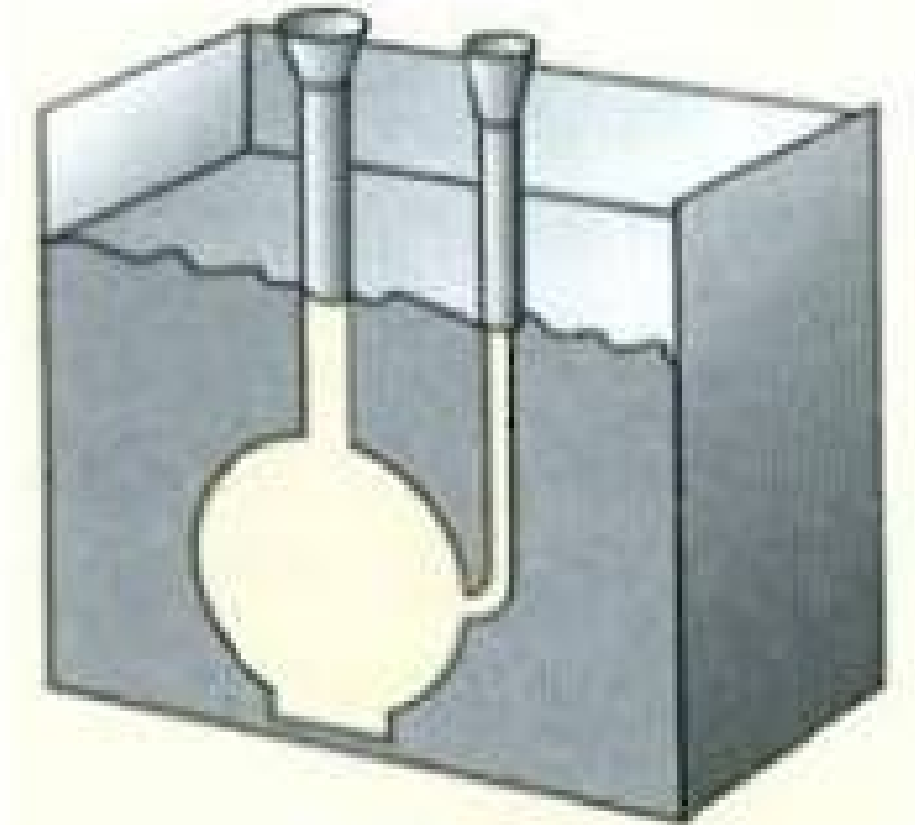
Regla de Chvorinov

LA REGLA DE CHVORINOV ES UNA RELACIÓN MATEMÁTICA QUE PREDICE CUÁNTO TIEMPO TARDARÁ EN SOLIDIFICARSE UNA PIEZA DE METAL FUNDIDO DENTRO DE UN MOLDE. ESTABLECE QUE EL TIEMPO DE SOLIDIFICACIÓN ES PROPORCIONAL AL CUADRADO DE LA RELACIÓN ENTRE EL VOLUMEN Y EL ÁREA SUPERFICIAL DE LA PIEZA. [1, 2]

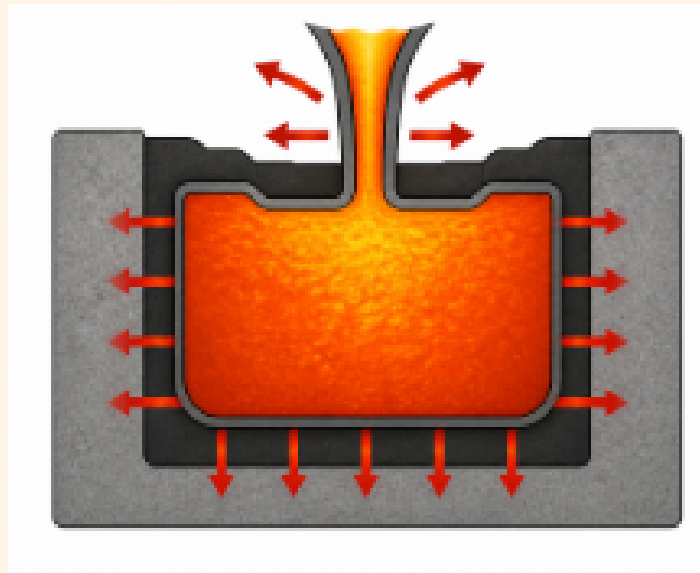
La fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$t = C_m \left(\frac{V}{A} \right)^n$$

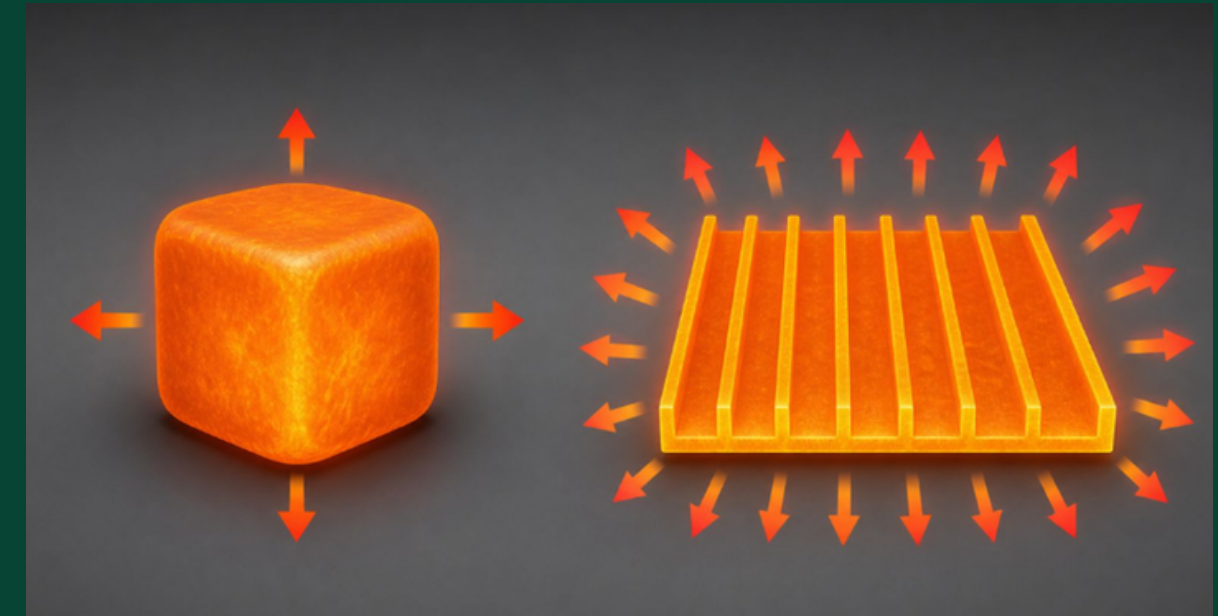
- ***t***: Tiempo total de solidificación (habitualmente en minutos o segundos).
- ***V***: Volumen de la pieza fundida.
- ***A***: Área de la superficie de contacto con el molde.
- ***C_m***: Constante del molde, que depende del material del molde, las propiedades térmicas del metal y la temperatura de vaciado.
- ***n***: Exponente que suele ser igual a 2. [Wikipedia +4](#)



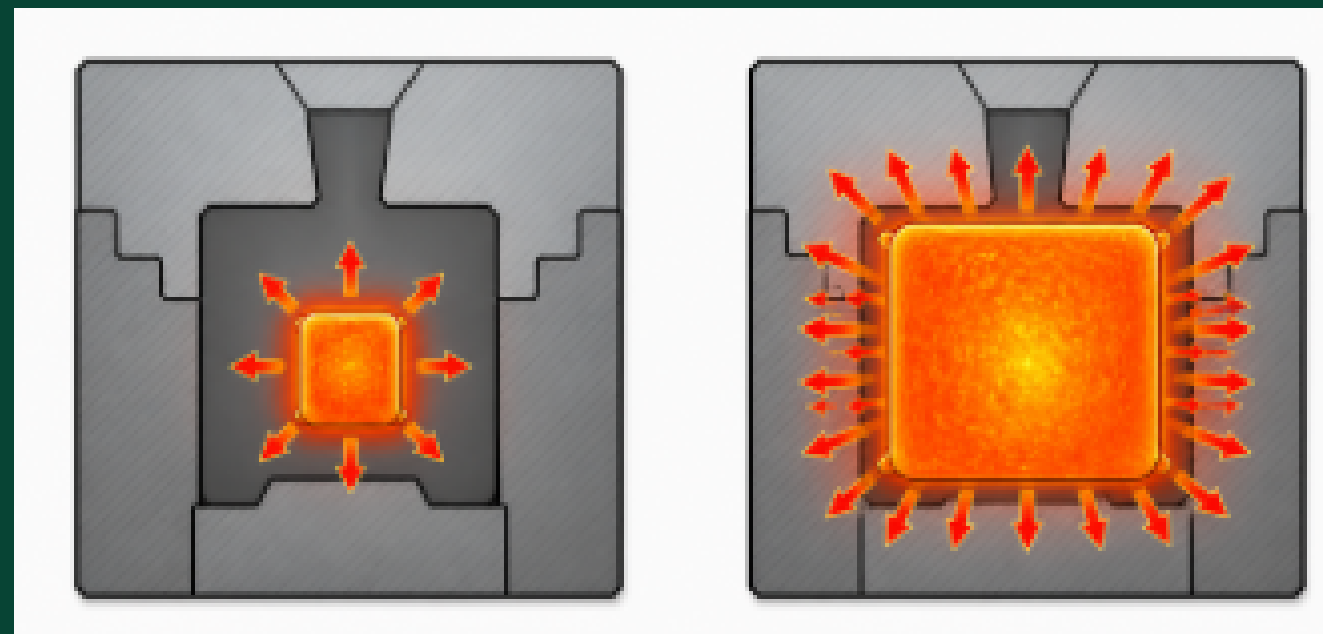
Solidificación: Ejercicio de transferencia de calor



El área superficial define que tan rápido puede enfriar



El volumen representa cuánto calor disipar



La relación volumen/area, define el tiempo de solidificación

$$t = C_m \left(\frac{V}{A} \right)^n$$

Resolución

Teniendo la constante del molde, calculamos el volumen y el área de este para así poder obtener el tiempo total de solidificación mediante la regla de Chvorinov:

$$V = 300 \text{ mm} * 100 \text{ mm} * 20 \text{ mm} = 600.000 \text{ mm}^3$$

$$A = 2 * 300 \text{ mm} * 100 \text{ mm} + 2 * 300 \text{ mm} * 20 \text{ mm} + 2 * 100 \text{ mm} * 20 \text{ mm} = 76.000 \text{ mm}^2$$

Entonces el tiempo total de solidificación será:

$$T_{TS} = C_m * \left(\frac{V}{A}\right)^2 = 15 \frac{\text{min}}{\text{mm}^2} * \left(\frac{600.000 \text{ mm}^3}{76.000 \text{ mm}^2}\right)^2 = 934,90 \text{ min} = \mathbf{15,58 \text{ h}}$$

Aplicaciones en la industria

Unidad 1

- Permite estimar cuánto tarda en llenarse un silo y planificar la operación.
- Ayuda a identificar el cuello de botella de la línea de proceso.
- Sirve para evaluar si los equipos están balanceados en capacidad.
- Permite conocer la capacidad real del sistema, más allá de la teórica.
- Es útil para tomar decisiones sobre producción, almacenamiento e inversión en equipos.

Unidad 2

- Permite estimar el tiempo de solidificación de una pieza fundida.
- Ayuda a entender cómo la geometría influye en el enfriamiento.
- Sirve para prever defectos de fundición y mejorar la calidad de la pieza.
- Es útil para diseñar mejor el molde, la alimentación y las mazarotas.
- Permite relacionar transferencia de calor, diseño y tiempo de proceso.

¡Muchas gracias por su atención!

:)