

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química
Departamento de Ingeniería Metalúrgica
Introducción de la Ingeniería de Procesos Metalúrgicos y de Materiales
Profesor: Luis Enrique Jardón Pérez

Ejemplo de cálculo de alimentadores

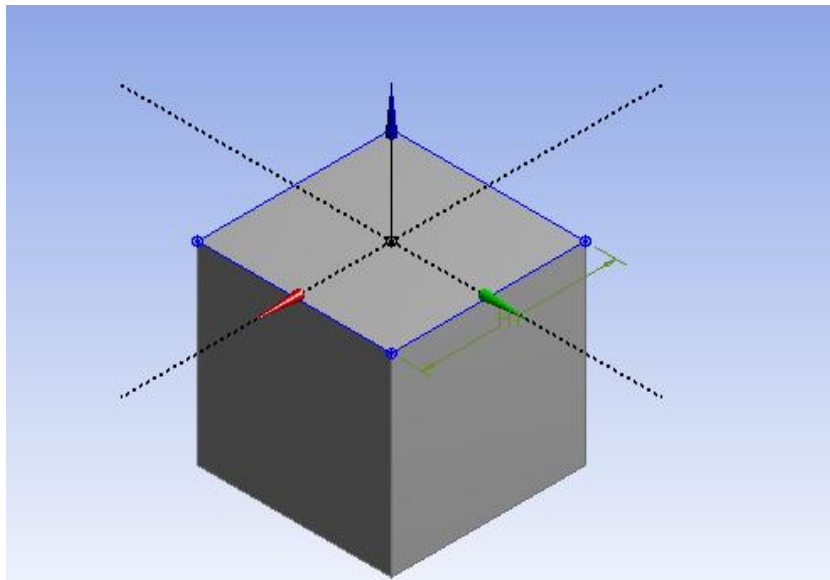
1. Para una pieza de aluminio en forma de cubo, calcular las dimensiones del alimentador superior y las dimensiones del cuello, bajo las siguientes condiciones:
 - a. Cuando el medio de moldeo es el mismo tanto para la pieza como para el alimentador
 - b. Cuando el medio de moldeo que rodea al alimentador es yeso (plaster) y el medio de moldeo que rodea a la pieza es arena sílica (sand).
 - c. Dibujar el conjunto pieza-cuello-alimentador

Métodos a emplear:

- a) Chvorinov
- b) Adams & Taylor

Datos:

Aleación base aluminio
Distancia de alimentación, $D.A = 15 \text{ cm}$
 $K_A/K_P = 1$
Pieza: cubo $a = 25 \text{ cm}$
Alimentador superior $H/D = 1$



Lo primero que debemos hacer es calcular los módulos de solidificación de la pieza y del alimentador. En este caso no calculamos la ruta de solidificación porque es una pieza sencilla en la que podemos considerar que hay transferencia de calor uniforme en su volumen.

En una primera aproximación se puede considerar que tanto el alimentador como la pieza están totalmente rodeados por el medio de moldeo de manera que los módulos de solidificación son los siguientes:

$$M_{SP} = \frac{V}{A_{Trans}} = \frac{a^3}{6a^2} = \frac{a}{6} = \frac{25cm}{6} = 4.1667cm$$

$$M_{SA} = \frac{V}{A_{Trans}} = \frac{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 H}{2\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 + \pi DH} \quad \text{y si} \quad \frac{H}{D} = 1 \rightarrow H = D$$

$$M_{SA} = \frac{\pi \frac{D^3}{4}}{\pi \frac{D^2}{2} + \pi D^2} = \frac{\pi \frac{D^3}{4}}{\pi \frac{3D^2}{2}} = \frac{2\pi D^3}{12\pi D^2} = \frac{D}{6}$$

a.a) Por el método de Chvorinov:

$$M_{SA} = \sqrt{1.25} M_{SP} \frac{k_A}{k_P} \rightarrow \frac{D}{6} = \sqrt{1.25} (4.1667cm)(1) = 4.6585cm$$

$$D = H = 4.6585cm * 6 = 27.9509cm \cong 28cm$$

Dimensiones del cuello:

$$L_n = \frac{D}{3} = \frac{28cm}{3} = 9.3333cm$$

$$D_n = L_n + \frac{D}{5} = 9.3333cm + \frac{28cm}{5} = 14.9333cm$$

a.b) Por el método de Adams & Taylor:

$$M_{SA} = \frac{M_{SP} \left(\frac{k_A}{k_P}\right) + \beta \left(\frac{V_P}{A_A}\right)}{(1 - \beta)} \rightarrow \frac{D}{6} = \frac{(4.1667cm)(1) + \beta \left(\frac{V_P}{A_A}\right)}{(1 - \beta)}$$

$$V_P = a^3 = (25cm)^3 = 15625cm^3$$

$$A_A = 2\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 + \pi DH = \pi \frac{D^2}{2} + \pi D^2 = \pi \frac{3D^2}{2}$$

$$\beta = \frac{\% \text{ contracción}}{100\%} = \frac{6.6\%}{100\%} = 0.066$$

$$\frac{D}{6} = \frac{(4.1667cm)(1) + (0.066) \left(\frac{15625cm^3}{\pi \frac{3D^2}{2}}\right)}{(1 - 0.066)}$$

$$\frac{D}{6} = \frac{4.1667cm + \frac{218.8380cm^3}{D^2}}{0.934} \rightarrow 0.1557D = 4.1667cm + \frac{218.8380cm^3}{D^2}$$

$$0.1557D^3 - (4.1667cm)D^2 - 218.8380cm^3 = 0$$

$$D = H = 28.4924cm \cong 28.50cm$$

Dimensiones del cuello:

$$L_n = \frac{D}{3} = \frac{28.50cm}{3} = 9.50cm$$

$$D_n = L_n + \frac{D}{5} = 9.50cm + \frac{28.50cm}{5} = 15.20cm$$

b.a) Por el método de Chvorinov:

$$\frac{k_A}{k_P} = \frac{\sqrt{k_{mA}\rho_{mA}Cp_{mA}}}{\sqrt{k_{mP}\rho_{mP}Cp_{mP}}} = \frac{\sqrt{\left(8.3 \times 10^{-4} \frac{cal}{cm^{\circ}Cs}\right) \left(1.1 \frac{g}{cm^3}\right) \left(0.20 \frac{cal}{g^{\circ}C}\right)}}{\sqrt{\left(14.5 \times 10^{-4} \frac{cal}{cm^{\circ}Cs}\right) \left(1.5 \frac{g}{cm^3}\right) \left(0.27 \frac{cal}{g^{\circ}C}\right)}} = \frac{\sqrt{\left(1.826 \times 10^{-4} \frac{cal^2}{cm^4C^2s}\right)}}{\sqrt{\left(5.8725 \times 10^{-4} \frac{cal^2}{cm^4C^2s}\right)}}$$

$$\frac{k_A}{k_P} = \sqrt{0.3109} = 0.5576$$

$$M_{SA} = \sqrt{1.25} M_{SP} \frac{k_A}{k_P} \rightarrow \frac{D}{6} = \sqrt{1.25} (4.1667cm) (0.5576) = 2.5977cm$$

$$D = H = 2.5977cm * 6 = 15.5859cm \cong 16cm$$

Dimensiones del cuello:

$$L_n = \frac{D}{3} = \frac{16cm}{3} = 5.3333cm$$

$$D_n = L_n + \frac{D}{5} = 5.3333cm + \frac{16cm}{5} = 8.5333cm$$

b.b) Por el método de Adams & Taylor:

$$M_{SA} = \frac{M_{SP} \left(\frac{k_A}{k_P}\right) + \beta \left(\frac{V_P}{A_A}\right)}{(1 - \beta)} \rightarrow \frac{D}{6} = \frac{(4.1667cm)(0.5576) + (0.066) \left(\frac{15625cm^3}{\pi \frac{3D^2}{2}}\right)}{(1 - 0.066)}$$

$$\frac{D}{6} = \frac{2.3234cm + \frac{218.8380cm^3}{D^2}}{0.934} \rightarrow 0.1557D = 2.3234cm + \frac{218.8380cm^3}{D^2}$$

$$0.1557D^3 - (2.3234\text{cm})D^2 - 218.8380\text{cm}^3 = 0$$

$$D = H = 18.8696\text{cm} \cong 19\text{cm}$$

Dimensiones del cuello:

$$L_n = \frac{D}{3} = \frac{19\text{cm}}{3} = 6.3333\text{cm}$$

$$D_n = L_n + \frac{D}{5} = 6.3333\text{cm} + \frac{19\text{cm}}{5} = 10.1333\text{cm}$$

Tabla 1.- Dimensiones del alimentador superior si consideramos que el alimentador y la pieza están totalmente rodeadas por el medio de moldeo.

Medio de moldeo del alimentador/Método de cálculo	Chvorinov	Adams & Taylor
Arena	D = H = 28cm D (cuello) = 14.9333cm L (cuello) = 9.3333cm	D = H = 28.50cm D (cuello) = 15.20cm L (cuello) = 9.50cm
Yeso	D = H = 16cm D (cuello) = 8.5333cm L (cuello) = 5.3333cm	D = H = 19cm D (cuello) = 10.1333cm L (cuello) = 6.3333cm

c) Dibujar el conjunto pieza – cuello – alimentador:

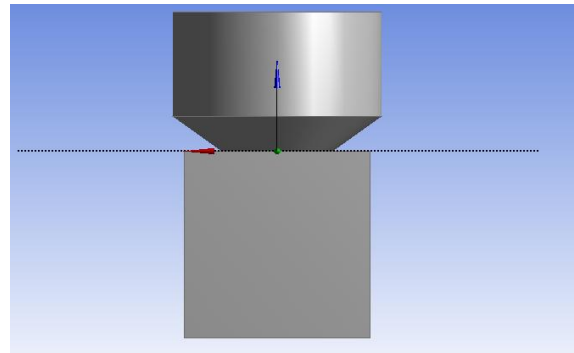
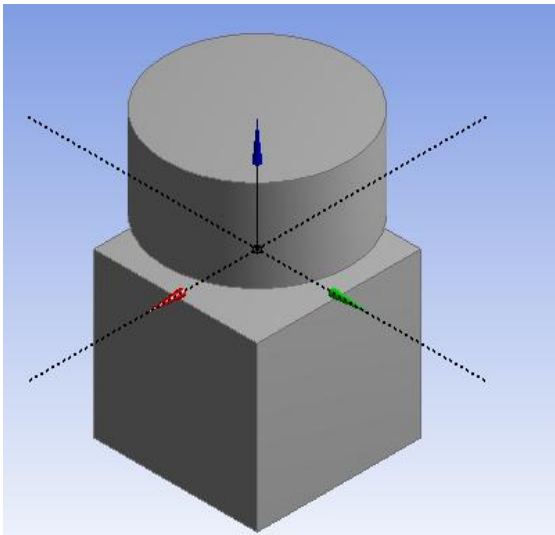


Figura 1.- Alimentador superior con el mismo medio de moldeo (Chvorinov).

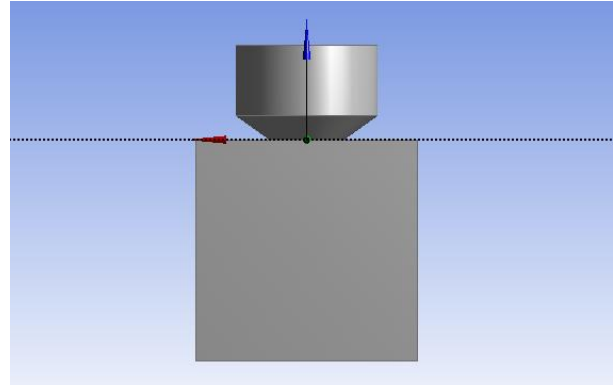
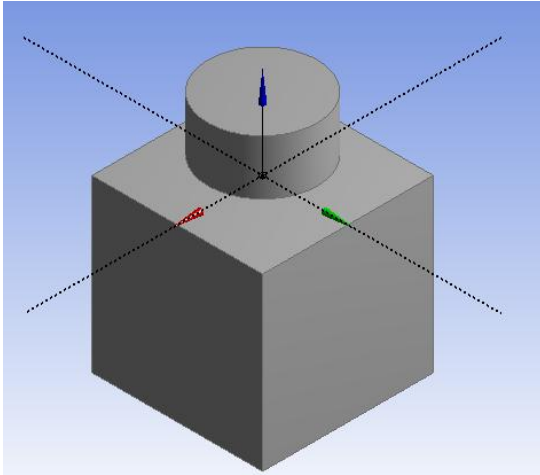


Figura 2.- Alimentador superior considerando que el medio de moldeo del mismo es yeso y la pieza en arena (Chvorinov).

Efecto del área de transferencia de calor

Para refinar el cálculo, vamos a considerar el efecto del área de transferencia de calor real de la pieza y el alimentador, sabiendo que la parte inferior del alimentador no presenta transferencia de calor, al igual que la conexión entre la parte inferior de cuello del alimentador y la parte superior de la pieza:

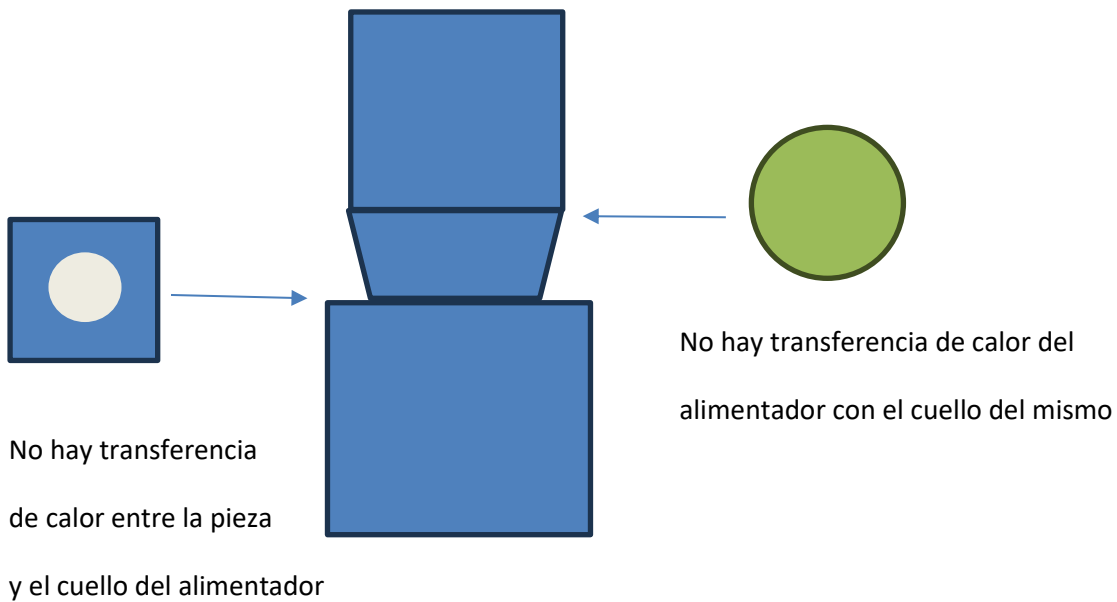


Figura 3.- Esquema considerando las áreas de transferencia de calor reales de la pieza y alimentador.

En este caso los módulos de solidificación de la pieza y alimentador se ven modificados:

$$M_{SP} = \frac{V}{A_{Trans}} = \frac{a^3}{6a^2 - \pi \left(\frac{4}{15}D\right)^2} = \frac{25^3}{6(25^2) - \pi \left(\frac{4}{15}D\right)^2} = \frac{15625}{3750 - 0.2234 D^2}$$

$$M_{SA} = \frac{V}{A_{Trans}} = \frac{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 H}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 + \pi DH} \quad \text{y si } \frac{H}{D} = 1 \rightarrow H = D$$

$$M_{SA} = \frac{\pi \frac{D^3}{4}}{\pi \frac{D^2}{4} + \pi D^2} = \frac{\pi \frac{D^3}{4}}{\pi \frac{5D^2}{4}} = \frac{4\pi D^3}{20\pi D^2} = \frac{D}{5}$$

Ahora repetimos el cálculo considerando el área de transferencia de calor real del sistema.

a.a) Por el método de Chvorinov:

$$M_{SA} = \sqrt{1.25} M_{SP} \frac{k_A}{k_P} \rightarrow \frac{D}{5} = \sqrt{1.25} \left(\frac{15625}{3750 - 0.2234 D^2} \right) (1) = \frac{17469.2811}{3750 - 0.2234 D^2}$$

$$\frac{D}{5} = \frac{17469.2811}{3750 - 0.2234 D^2}$$

$$D(3750 - 0.2234 D^2) = 5(17469.2811)$$

$$-0.2234 D^3 + 3750 D = 87346.4054$$

$$-0.2234 D^3 + 3750 D - 87346.4054 = 0$$

A partir de la ecuación cubica resultante obtendríamos 3 raíces:

$$D_1 = -139.9293 \text{ cm}$$

$$D_2 = 24.129 \text{ cm}$$

$$D_3 = 115.7999 \text{ cm}$$

La que obedece a la física del alimentador y que nos da las dimensiones del mismo es:

$$D = H = 24.129 \text{ cm}$$

Dimensiones del cuello:

$$L_n = \frac{D}{3} = \frac{24.129 \text{ cm}}{3} = 8.043 \text{ cm}$$

$$D_n = L_n + \frac{D}{5} = 8.043 \text{ cm} + \frac{24.129 \text{ cm}}{5} = 12.869 \text{ cm}$$

a.b) Por el método de Adams & Taylor:

$$M_{SA} = \frac{M_{SP} \left(\frac{k_A}{k_P} \right) + \beta \left(\frac{V_P}{A_A} \right)}{(1 - \beta)} \rightarrow \frac{D}{5} = \frac{\left(\frac{15625}{3750 - 0.2234 D^2} \right) (1) + \beta \left(\frac{V_P}{A_A} \right)}{(1 - \beta)}$$

$$V_P = a^3 = (25\text{cm})^3 = 15625\text{cm}^3$$

$$A_A = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 + \pi DH = \pi \frac{D^2}{4} + \pi D^2 = \pi \frac{5D^2}{4}$$

$$\beta = \frac{\% \text{contracción}}{100\%} = \frac{6.6\%}{100\%} = 0.066$$

$$\frac{D}{5} = \frac{\left(\frac{15625}{3750 - 0.2234 D^2} \right) (1) + (0.066) \left(\frac{15625\text{cm}^3}{\pi \frac{5D^2}{4}} \right)}{(1 - 0.066)}$$

$$0.1868 D = \left(\frac{15625}{3750 - 0.2234 D^2} \right) + \frac{262.6056}{D^2}$$

$$0.1868 D^3 = \left(\frac{15625 D^2}{3750 - 0.2234 D^2} \right) + 262.6056$$

$$0.1868 D^3 (3750 - 0.2234 D^2) = 15625 D^2 + 262.6056 (3750 - 0.2234 D^2)$$

$$-0.0417 D^5 + 700.5 D^3 = 15566.3333 D^2 + 984771.21$$

$$-0.0417 D^5 + 700.5 D^3 - 15566.3333 D^2 - 984771.21 = 0$$

Resolviendo la ecuación potencial (potencia 5), el diámetro del alimentador nos da:

$$D = H = 25.3775 \text{ cm}$$

Dimensiones del cuello:

$$L_n = \frac{D}{3} = \frac{25.3775\text{cm}}{3} = 8.4591\text{cm}$$

$$D_n = L_n + \frac{D}{5} = 8.4591\text{cm} + \frac{25.3775\text{cm}}{5} = 13.5347\text{cm}$$

2. Para una pieza de cobre en forma de placa moldeada en posición horizontal, calcular los alimentadores que deben ser superiores.
 - a. Cuando el medio de moldeo es el mismo tanto para la pieza como para el alimentador

- b. Cuando el medio de moldeo que rodea al alimentador es yeso (plaster) y el medio de moldeo que rodea a la pieza es arena sílica (sand).
- c. Dibujar el conjunto pieza-cuello-alimentador

Métodos a emplear:

- a) Chvorinov
- b) Adams & Taylor

Datos:

Aleación base cobre

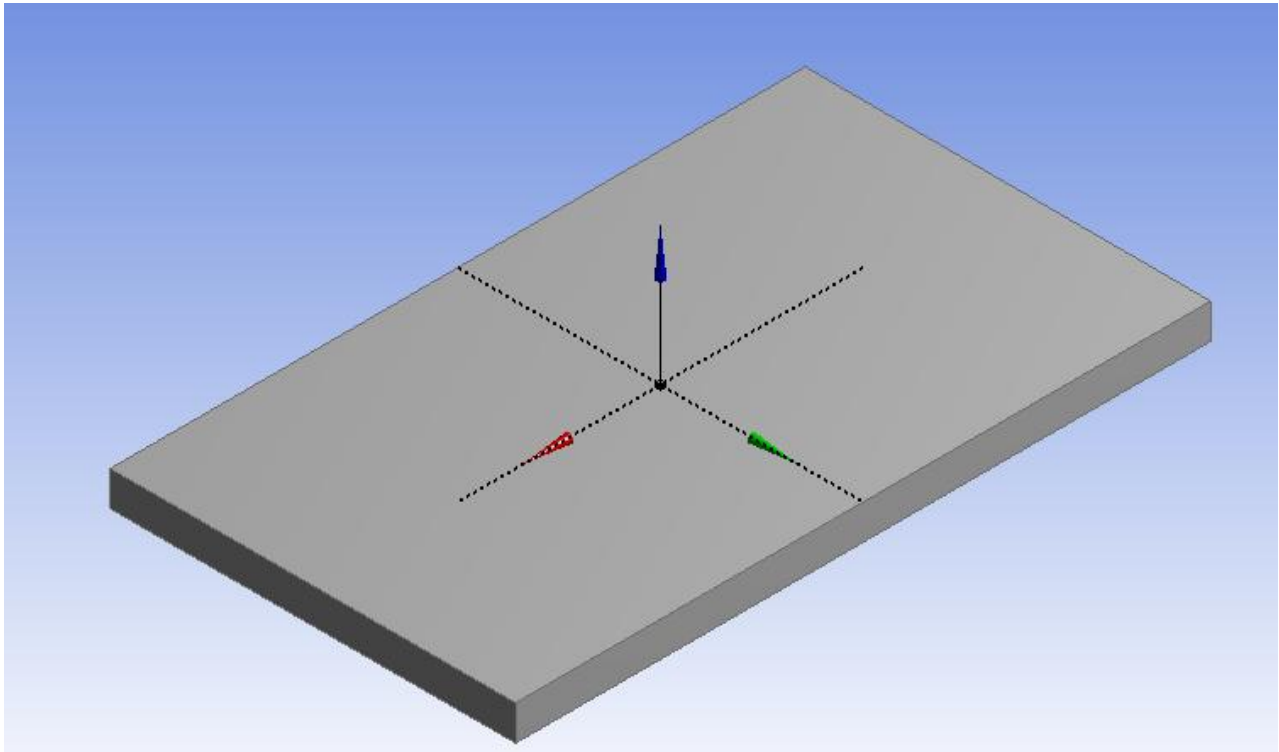
Densidad del líquido: 8.30 g/cc

Densidad del sólido: 8.45 g/cc

Distancia de alimentación = 35 cm

Pieza: Placa largo=120 cm, ancho = 70 cm, espesor = 6 cm

Alimentador superior H/D = 1



Calculo del número de alimentadores:

$$D_{alimentación\ efectiva} = 2D_{alimentación} = 2(35cm) = 70cm$$

Con respecto al ancho un alimentador cubre totalmente la placa. Con respecto al largo se requieren dos alimentadores para evitar rechupes en la placa. En cuanto al espesor, la distancia de alimentación es sobrada.

$$Ms_P = \frac{V}{A_{Trans}} = \frac{Ancho (A) * Largo (L) * Espesor (E)}{AE + 2LE + 2AL}$$

$$M_{SP} = \frac{(70cm)(60cm)(6cm)}{(70cm)(6cm) + 2(60cm)(6cm) + 2(70cm)(60cm)} = \frac{25200cm^3}{9540cm^2}$$

$$M_{SP} = \frac{140}{53} cm = 2.6415cm$$

$$M_{SA} = \frac{V}{A_{Trans}} = \frac{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 H}{2\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 + \pi DH} \quad y \quad si \quad \frac{H}{D} = 1 \rightarrow H = D$$

$$M_{SA} = \frac{\pi \frac{D^3}{4}}{\pi \frac{D^2}{2} + \pi D^2} = \frac{\pi \frac{D^3}{4}}{\pi \frac{3D^2}{2}} = \frac{2\pi D^3}{12\pi D^2} = \frac{D}{6}$$

a.a) Por el método de Chvorinov:

$$M_{SA} = \sqrt{1.25} M_{SP} \frac{k_A}{k_P} \rightarrow \frac{D}{6} = \sqrt{1.25} (2.6415cm)(1) = 2.9533cm$$

$$D = H = 2.9533cm * 6 = 17.7198cm \cong 18cm$$

Dimensiones del cuello:

$$L_n = \frac{D}{3} = \frac{18cm}{3} = 6cm$$

$$D_n = L_n + \frac{D}{5} = 6cm + \frac{18cm}{5} = 9.6cm$$

a.b) Por el método de Adams & Taylor:

$$M_{SA} = \frac{M_{SP} \left(\frac{k_A}{k_P}\right) + \beta \left(\frac{V_P}{A_A}\right)}{(1 - \beta)} \rightarrow \frac{D}{6} = \frac{(2.6415cm)(1) + \beta \left(\frac{V_P}{A_A}\right)}{(1 - \beta)}$$

$$V_P = (70cm)(60cm)(6cm) = 25200cm^3$$

$$A_A = 2\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 + \pi DH = \pi \frac{D^2}{2} + \pi D^2 = \pi \frac{3D^2}{2}$$

$$\beta = \frac{\rho_s - \rho_l}{\rho_s} = \frac{8.45 \frac{g}{cm^3} - 8.30 \frac{g}{cm^3}}{8.45 \frac{g}{cm^3}} = 0.018$$

$$\frac{D}{6} = \frac{(2.6415\text{cm})(1) + (0.018) \left(\frac{25200\text{cm}^3}{\pi \frac{3D^2}{2}} \right)}{(1 - 0.018)}$$

$$\frac{D}{6} = \frac{2.6415\text{cm} + \frac{96.2569\text{cm}^3}{D^2}}{0.982} \rightarrow 0.1637D = 2.6415\text{cm} + \frac{96.2569\text{cm}^3}{D^2}$$

$$0.1637D^3 - (2.6415\text{cm})D^2 - 96.2569\text{cm}^3 = 0$$

$$D = H = 17.9593\text{cm} \cong 18\text{cm}$$

Dimensiones del cuello:

$$L_n = \frac{D}{3} = \frac{18\text{cm}}{3} = 6\text{cm}$$

$$D_n = L_n + \frac{D}{5} = 6\text{cm} + \frac{18\text{cm}}{5} = 9.6\text{cm}$$

b.a) Por el método de Chvorinov:

$$\frac{k_A}{k_P} = \frac{\sqrt{k_{mA}\rho_{mA}C_{p_{mA}}}}{\sqrt{k_{mP}\rho_{mP}C_{p_{mP}}}} = \frac{\sqrt{\left(8.3 \times 10^{-4} \frac{\text{cal}}{\text{cm}^\circ\text{C}\text{s}}\right) \left(1.1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) \left(0.20 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}\right)}}{\sqrt{\left(14.5 \times 10^{-4} \frac{\text{cal}}{\text{cm}^\circ\text{C}\text{s}}\right) \left(1.5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) \left(0.27 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}\right)}} = \frac{\sqrt{\left(1.826 \times 10^{-4} \frac{\text{cal}^2}{\text{cm}^4}\right)}}{\sqrt{\left(5.8725 \times 10^{-4} \frac{\text{cal}^2}{\text{cm}^4}\right)}}$$

$$\frac{k_A}{k_P} = \sqrt{0.3109} = 0.5576$$

$$M_{SA} = \sqrt{1.25} M_{SP} \frac{k_A}{k_P} \rightarrow \frac{D}{6} = \sqrt{1.25} (2.6415\text{cm}) (0.5576) = 1.6468\text{cm}$$

$$D = H = 1.6468\text{cm} * 6 = 9.8806\text{cm} \cong 10\text{cm}$$

Dimensiones del cuello:

$$L_n = \frac{D}{3} = \frac{10\text{cm}}{3} = 3.3333\text{cm}$$

$$D_n = L_n + \frac{D}{5} = 3.3333\text{cm} + \frac{10\text{cm}}{5} = 5.3333\text{cm}$$

b.b) Por el método de Adams & Taylor:

$$M_{SA} = \frac{M_{SP} \left(\frac{k_A}{k_P} \right) + \beta \left(\frac{V_P}{A_A} \right)}{(1 - \beta)} \rightarrow \frac{D}{6} = \frac{(2.6415cm)(0.5576) + (0.018) \left(\frac{25200cm^3}{\pi \frac{3D^2}{2}} \right)}{(1 - 0.018)}$$

$$\frac{D}{6} = \frac{1.4729cm + \frac{96.2569cm^3}{D^2}}{0.934} \rightarrow 0.1637D = 1.4729cm + \frac{96.2569cm^3}{D^2}$$

$$0.1637D^3 - (1.4729cm)D^2 - 96.2569cm^3 = 0$$

$$D = H = 12.6640cm \cong 13cm$$

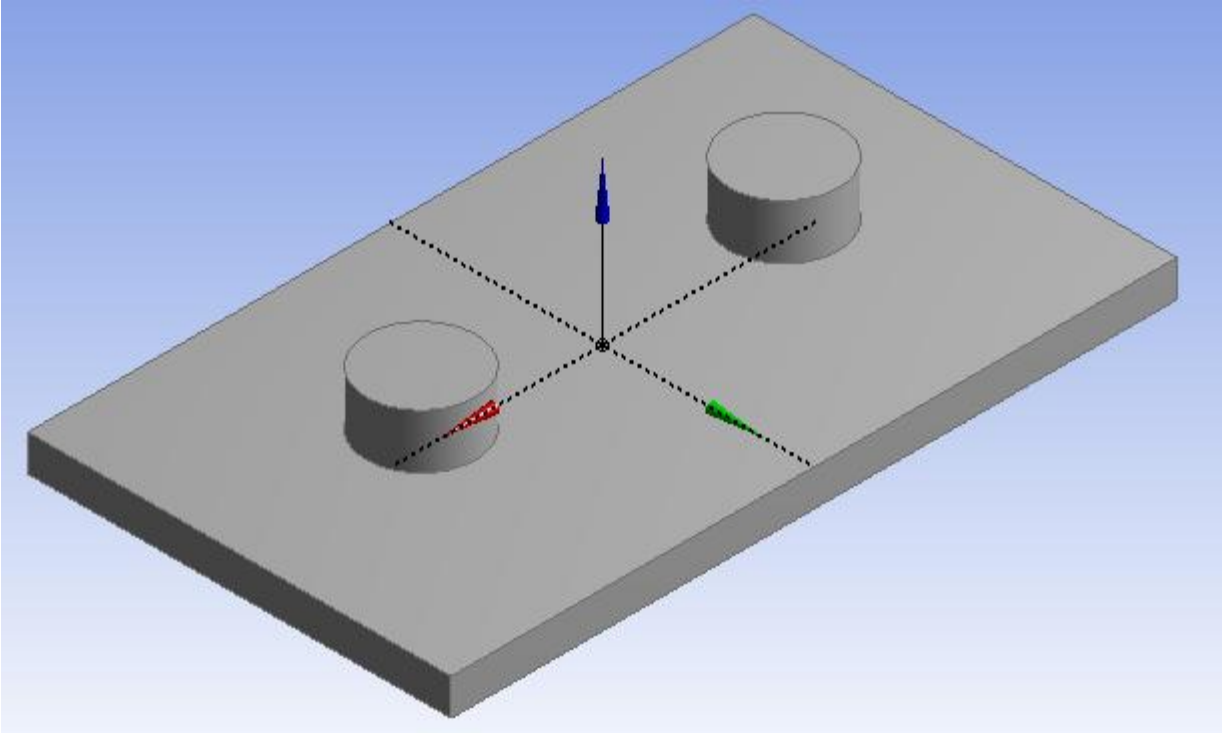
Dimensiones del cuello:

$$L_n = \frac{D}{3} = \frac{13cm}{3} = 4.3333cm$$

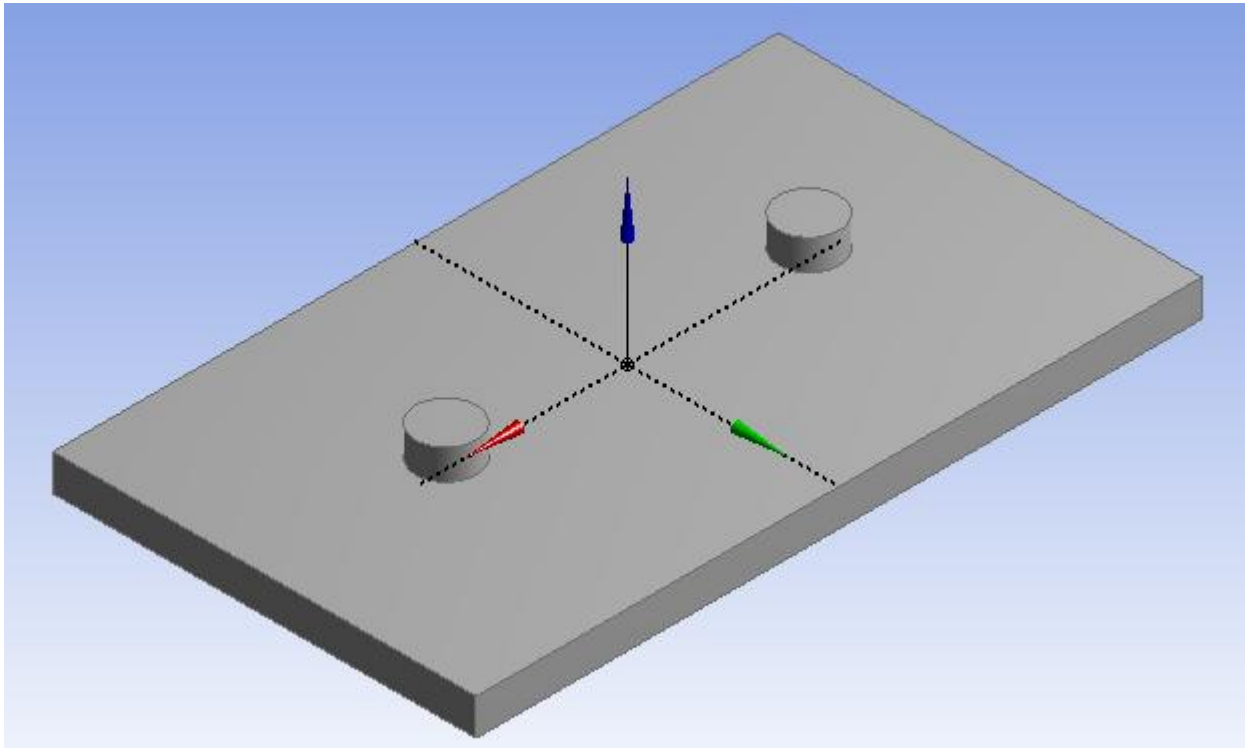
$$D_n = L_n + \frac{D}{5} = 6.3333cm + \frac{13cm}{5} = 6.9333cm$$

Medio de moldeo del alimentador/Método de cálculo	Chvorinov	Adams & Taylor
Arena	D = H = 18cm D (cuello) = 9.6cm L (cuello) = 6cm	D = H = 18cm D (cuello) = 9.6cm L (cuello) = 6cm
Yeso	D = H = 10cm D (cuello) = 5.3333cm L (cuello) = 3.3333cm	D = H = 13cm D (cuello) = 6.9333cm L (cuello) = 4.3333cm

c) Dibujar el conjunto pieza – cuello – alimentador:

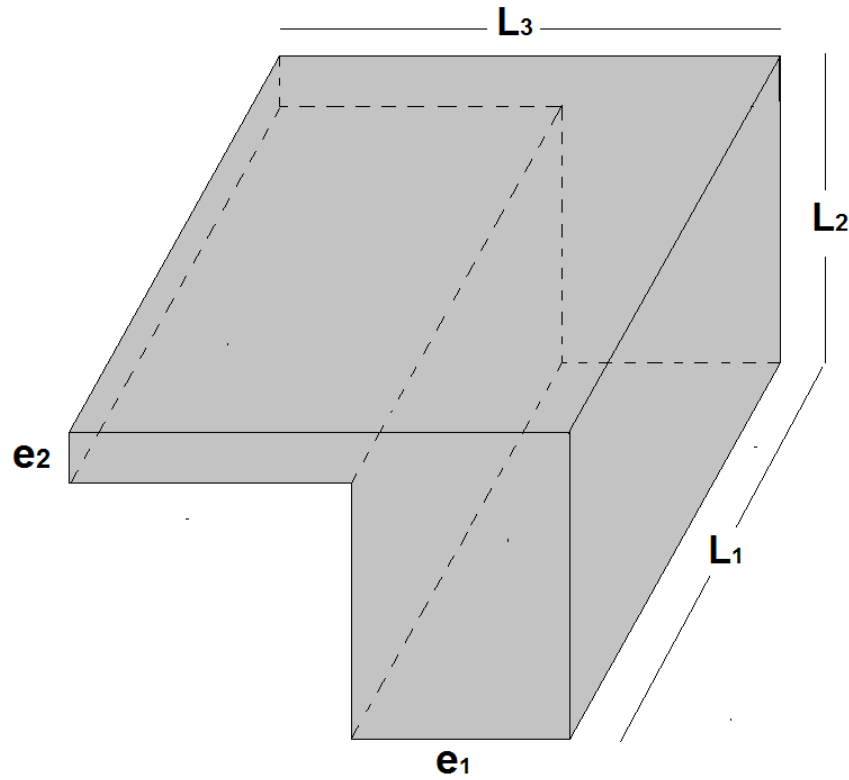


a) Mismo medio de moldeo (Chvorinov).



a) Alimentador moldeado en yeso y pieza en arena (Chvorinov).

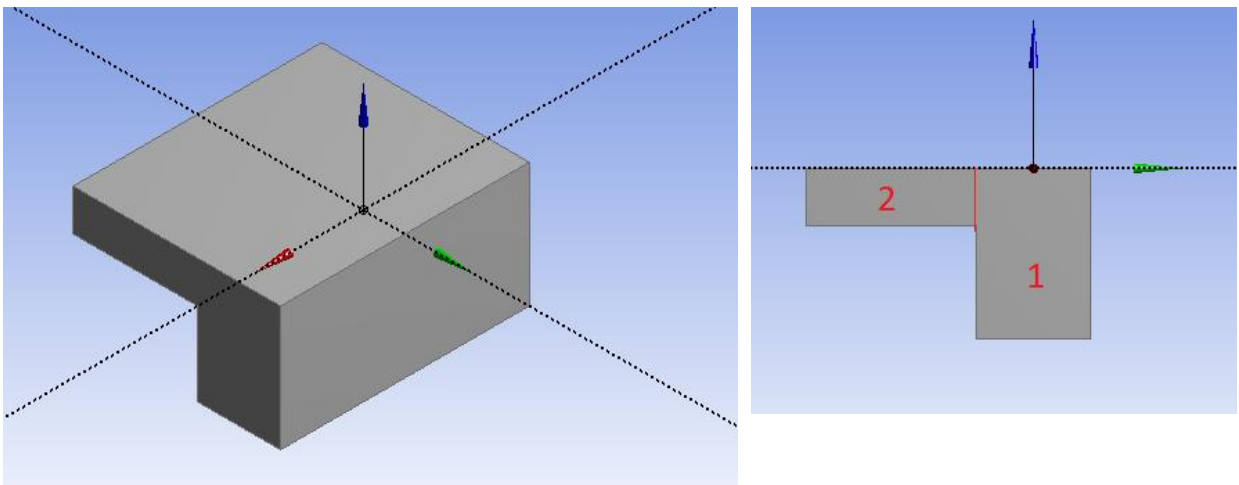
1. Calcular el alimentador o alimentadores así como los cuellos para la siguiente pieza de fundición;



$L_1 = 12 \text{ cm}$ $L_2 = 6 \text{ cm}$ $L_3 = 10 \text{ cm}$ $e_1 = 4 \text{ cm}$ $e_2 = 2 \text{ cm}$.

- a) Indicar la posición de la pieza, durante el moldeo, con respecto a la línea de partición (por medio de dibujos)

Únicamente se permite el moldeo horizontal



- b) Calcular el número de alimentadores

Primeramente se observa una unión tipo L, por lo cual hacemos el cálculo para saber el comportamiento de la misma:

$$\frac{e_2}{e_1} = \frac{2cm}{4cm} = 0.50$$

Dado que e_2/e_1 es menor que 0.75 la parte correspondiente a e_2 se comportará como una aleta de enfriamiento durante la solidificación, por lo cual no es necesario considerar un alimentador en esta zona.

Dadas las dimensiones de la pieza y la distancia de alimentación es suficiente con un alimentador superior en la misma.

c) Calcular el o los módulos de solidificación

$$Ms_1 = \frac{V}{A_{Trans}} = \frac{\text{Ancho } (L_2) * \text{Largo } (L_1) * \text{Espesor } (e_1)}{L_1(L_2 - e_1) + L_1L_2 + 2L_2e_1 + 2L_1e_1}$$

$$Ms_1 = \frac{(6cm)(12cm)(4cm)}{12cm(6cm - 2cm) + (12cm)(6cm) + 2(6cm)(4cm) + 2(12cm)(4cm)} = \frac{288cm^3}{264cm^2}$$

$$Ms_P = \frac{12}{11} cm = 1.0909cm$$

$$Ms_A = \frac{V}{A_{Trans}} = \frac{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 H}{2\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 + \pi DH} \quad \text{y si } \frac{H}{D} = 1 \rightarrow H = D$$

$$Ms_A = \frac{\pi \frac{D^3}{4}}{\pi \frac{D^2}{2} + \pi D^2} = \frac{\pi \frac{D^3}{4}}{\pi \frac{3D^2}{2}} = \frac{2\pi D^3}{12\pi D^2} = \frac{D}{6}$$

d) Determinar el módulo de solidificación significativo

Dado que usando el criterio de uniones se ha determinado que la zona 2 se comporta como una aleta de enfriamiento no es necesario calcular su módulo de solidificación. El modulo significativo corresponde al que se ha calculado para la zona 1.

e) Determinar la(s) ruta(s) de solidificación

Dado el criterio de uniones no es necesario determinar una ruta de solidificación. Pero en general se puede colocar como:

$$Ms_2 \rightarrow Ms_1$$

f) Fijar la relación H/D para el alimentador

Dado que se trata de una aleación base cobre se puede utilizar una relación $H/D = 1$:

$$M_{SA} = \frac{V}{A_{Trans}} = \frac{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 H}{2\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 + \pi DH} \quad \text{y si} \quad \frac{H}{D} = 1 \rightarrow H = D$$

$$M_{SA} = \frac{\pi \frac{D^3}{4}}{\pi \frac{D^2}{2} + \pi D^2} = \frac{\pi \frac{D^3}{4}}{\pi \frac{3D^2}{2}} = \frac{2\pi D^3}{12\pi D^2} = \frac{D}{6}$$

g) Calcular según Chvorinov el o los alimentadores, los cuales deben ser superiores, así como los cuellos.

Datos:

Aleación base cobre

Distancia de alimentación, D.A = 15 cm

$K_A/K_P = 1$

Densidad del líquido: 8.30 g/cc

Densidad del solido: 8.45 g/cc

$$M_{SA} = \sqrt{1.25} M_{SP} \frac{k_A}{k_P} \rightarrow \frac{D}{6} = \sqrt{1.25} (1.0909 \text{ cm})(1) = 1.2197 \text{ cm}$$

$$D = H = 1.2197 \text{ cm} * 6 = 7.3180 \text{ cm}$$

Dimensiones del cuello:

$$L_n = \frac{D}{3} = \frac{7.3180 \text{ cm}}{3} = 2.4393 \text{ cm}$$

$$D_n = L_n + \frac{D}{5} = 2.4393 \text{ cm} + \frac{7.3180 \text{ cm}}{5} = 3.9029 \text{ cm}$$

h) Calcular, según Adams & Taylor el o los alimentadores, los cuales deben ser superiores

$$M_{SA} = \frac{M_{SP} \left(\frac{k_A}{k_P} \right) + \beta \left(\frac{V_P}{A_A} \right)}{(1 - \beta)} \rightarrow \frac{D}{6} = \frac{(1.0909cm)(1) + \beta \left(\frac{V_P}{A_A} \right)}{(1 - \beta)}$$

$$V_P = (70cm)(60cm)(6cm) = 288cm^3$$

$$A_A = 2\pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 + \pi DH = \pi \frac{D^2}{2} + \pi D^2 = \pi \frac{3D^2}{2}$$

$$\beta = \frac{\rho_s - \rho_l}{\rho_s} = \frac{8.45 \frac{g}{cm^3} - 8.30 \frac{g}{cm^3}}{8.45 \frac{g}{cm^3}} = 0.018$$

$$\frac{D}{6} = \frac{(1.0909cm)(1) + (0.018) \left(\frac{288cm^3}{\pi \frac{3D^2}{2}} \right)}{(1 - 0.018)}$$

$$\frac{D}{6} = \frac{1.0909cm + \frac{1.1001cm^3}{D^2}}{0.982} \rightarrow 0.1637D = 1.0909cm + \frac{1.1001cm^3}{D^2}$$

$$0.1637D^3 - (1.0909cm)D^2 - 1.1001cm^3 = 0$$

$$D = H = 6.8090cm$$

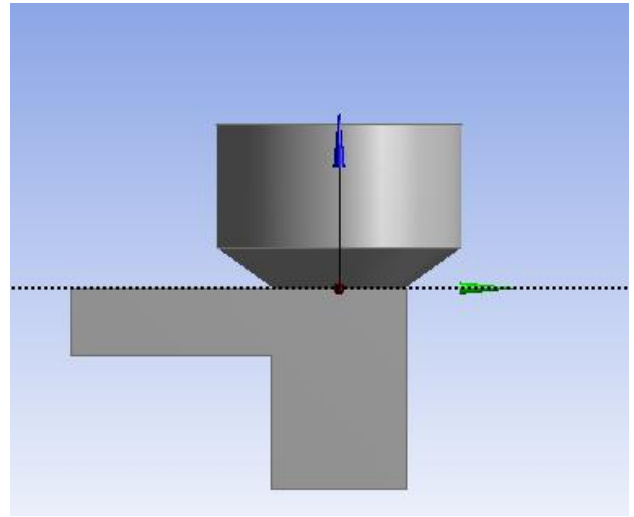
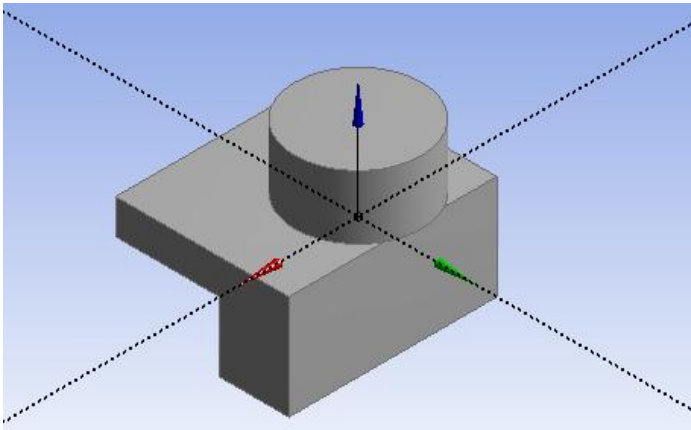
Dimensiones del cuello:

$$L_n = \frac{D}{3} = \frac{6.8090cm}{3} = 2.2697cm$$

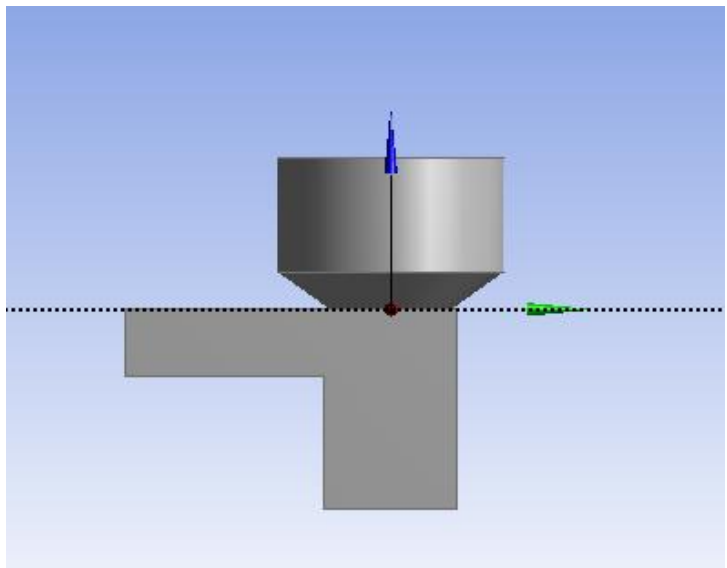
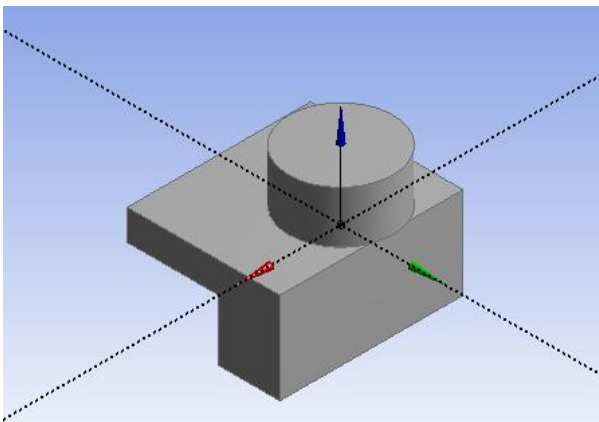
$$D_n = L_n + \frac{D}{5} = 2.2697cm + \frac{6.8090cm}{5} = 3.6315cm$$

Comparación de dimensiones	
Chvorinov	Adams & Taylor
D = H = 7.3180cm	D = H = 6.8090cm
D (cuello) = 3.9029cm	D (cuello) = 2.2697cm
L (cuello) = 2.4393cm	L (cuello) = 3.6315cm

i) Dibujar el conjunto pieza –cuello(s)-alimentador(es)



a) Chvorinov.



b) Adams & Taylor

Material	Specific heat, cal/(g)(°C)	Density, (g)/cm ³	Thermal conductivity cal/(cm)(°C)(s)
Sand	0.27	1.5	14.5 X 10 ⁻⁴
Plaster	0.20	1.1	8.3 X 10 ⁻⁴
Mullite investment	0.18	1.6	9.1 X 10 ⁻⁴
Iron	0.16	7.3	0.07
Aluminum	0.20	2.7	0.53
Copper	0.09	9.0	0.94
Magnesium	0.25	1.7	0.38

LIQUID METAL CONSTANTS

Metal	Melting point, °C	Heat of fusion, cal/ g	Specific heat cal/(g)(°C)
Iron	1540	65	0.18
Aluminum	660	95	0.26
Copper	1083	51	0.12
Magnesium	650	89	0.32

SOLIDIFICATION SHRINKAGE

Metal	Shrinkage, %
Iron	4.0
Aluminum	6.6
Copper	4.9
Magnesium	4.2