

## **FUNDICIÓN A PRESIÓN.-**

**Se introduce cierta cantidad de metal fluido o pastoso en un molde por medio de presión.**

### **VENTAJAS:**

**Llenado rápido.  
Reproducción fiel.  
Bajo costo.  
Elimina porosidades.  
No necesita mecanizado, precisión 0,1-0,01mm.  
Grano fino buenas características mecánicas.**

### **TIPOS DE MÁQUINAS:**

**Cámara de presión caliente. Fundición inyectada.  
Cámara de presión fría. Fundición a presión.**

### **MÁQUINAS PARA FUNDICIÓN INYECTADA.**

**Dos partes: emplazamiento de la matriz y otra (cámara de fusión) para la fusión y conservación de material líquido.**

**Dos tipos:**

#### **Máquinas con cámara de fusión por inmersión:**

**Presión, aire comprimido 20-60 Kg/cm<sup>2</sup>.  
Pb, Sn, Zn, Al, Mg.  
Lenta, de 40 a 60 piezas / hora.  
Material de superficie, escoria y óxidos.  
Peores características de las piezas.**

#### **Máquinas con cámara de fusión de pistón sumergido:**

**Cilindro sumergido con pistón  
Matriz con extractores.  
Aleaciones Pb, Zn, Sn, no para Al, Mg, Cu por pérdidas de oxidación.  
Rapidez de producción, 1000 piezas / hora.  
Mejores características.  
Inyección sin mezcla material-aire.  
Presión 40-150 Kg/cm<sup>2</sup>**

## **ALEACIONES PARA MOLDEO. MECANISMOS DE SOLIDIFICACIÓN.-**

### **HIERRO COLADO. ( FUNDICIONES ).**

**Aleaciones de Fe-C con C>1.75% (Si, P, S) Mn + Ni, Mo, Cr, Cu, V, Ti, Mg, etc. Carbono: como carburo (Fe<sub>3</sub>C 6.67 %, cementita). Libre (grafito). Fundiciones grises, blancas, atruchadas.**

**Silicio: acelera la disolución del carburo de hierro. Para su calculo tener en cuenta: carbono total, velc enfriamiento y espesor piezas.**

**Manganeso: acción contraria al Si, forma carburos y también forma sulfuros, impide grafitización.**

**Fósforo: baja punto de fusión aumenta fragilidad y dureza. Limitación actual< 0.2 % .**

**Azufre: siempre perjudicial 6 sulfuro de Fe y/o sulfuro de manganeso.**

**Componentes de aleaciones: son los que se añaden. ( Ni, Mo, Cr, Cu, Ti, Hg ) confieren propiedades: resistencia tracción y a la flexión, de dureza, de resistencia la desgaste a la corrosión al calor y al desgaste.**

### **FUNDICIONES DE GRAN RESISTENCIA.**

**Fundición: Matriz de acero y laminillas de grafito. Tres casos: ferrita, perlita y cementita.**

**Grado de saturación proporción idónea de C.**

$$S_c = \frac{[C_T]}{4.23 - 0.312Si - 0.33P + 0.66Mn}$$

**Mejora de fundiciones de gran resistencia, podemos actuar de dos formas:**

- 1 Sobre la matriz:**
  - Análisis químico**
  - Inoculación análisis químicos más aditivos catalíticos.**
  - Componentes de aleación.**
  - Regulando el enfriamiento.**
  - Tratamientos térmicos.**
  
- 2 Sobre el grafito:**
  - Análisis químico apropiado.**
  - Recalentamiento de la fundición líquida.**
  - Formación de grafito nodular.**
  - Aceleración del enfriamiento.**
  - Tratamientos térmicos.**

## DIAGRAMAS DE USO EN LAS FUNDICIONES.

- 6.3 Estructura según C + Si, referido a rapidez de enfriamiento normal.
- 6.4 Estructura según C + Si y el espesor de la pieza.
- 6.5 Relación C, C + Si, espesor piezas para obtener fundiciones perlíticas.
- 6.6 Relación entre suma C + Si y resistencia a la tracción fundiciones comunes.
- 6.7 Influencia del espesor en la resistencia a la tracción C + Si creciente.
- 6.8 Relación del grado de saturación en la resistencia a la tracción.
- 6.9 Absorción del carbono en cubilote, 0.7 y 1,5 m diámetro.
- 6.10 Absorción del carbono en cubilote, 0.7 m diámetro.
- 6.11 Relación dureza Brinell y resistencia a la tracción.
- 6.12 Relación resistencia a compresión y resistencia a tracción fundiciones grises.
- 6.13 Relación amortiguación vibraciones, la resistencia a cargas alternativas y resistencia a tracción. Gran resistencia vibran mucho.
- 6.14 Relación resistencia a flexión y resistencia a tracción fundiciones grises.

## ACEROS FUNDIDOS.

- 1 Aceros al carbono. (C, Si, Mn, P, S).
  - Ac. Extra dulces. (< 0.15 % C).
  - Ac. Dulces. (0.15 - 0.30 % C).
  - Ac. Semiduros. (0.30 - 0.45 %).
  - Ac. Duros. (0.45 - 0.65 % C).
  - Ac. Extra duros. (0.65 - 1.7 % C).
- 2 Aceros aleados. Componentes anteriores + Ni, Cr, Mo, V, W, Zn, Cu).
  - Ac. Especiales construcción. (Poco Ni, Cr, Mo, V).
  - Ac. Inoxidables. (Cr y Cr-Ni).
  - Ac. Resistentes al calor. Medio contenido Cr, o Mo, o Si, o ambos.
  - Ac. Resistentes al desgaste. Elevada dureza y tenacidad. C 0.9-1.5; Mn10-14; Si 0.4-0.6 %, a menudo se añade 2-3% Ni.
  - Ac. para imanes (Cr-Co-W=Tungsteno ).
  - Ac. para herramientas, aceros rápidos.

SEMIRRÁPIDOS	12-14	2-3	-	0.3
RÁPIDOS	18	3-6	0.4	0.7
EXTRARÁPIDOS	18-19	4-7	1.8	0.7
	W	Cr	V	C

## CONTRACCIONES VOLUMÉTRICAS.

Es la contracción de volumen debida al enfriamiento. Excepto Bi y Sb, que permanecen igual y la fundición gris que sufre hinchamiento. Se da en tres etapas:  
Contracción líquida. Desde T<sup>a</sup> de colada hasta solidificación.  
Contracción de solidificación. Durante solidificación.  
Contracción sólida. Al enfriarse la pieza ya sólida hasta T<sup>a</sup> ambiente.

## **SOLIDIFICACIÓN DE METALES PUROS Y EUTÉCTICOS.**

- Depende del molde donde se cuele, arena (aislante) coquilla (diatérmico).
- 1 Metales puros:**  
Solidifican a  $T^a$  cte. La recristalización se inicia zona periférica, enfriamiento grande debido contacto pared fría molde y la nucleación también.  
Esto produce delgada capa de grano muy fino.  
Los cristales se desarrollan en dirección perpendicular a paredes molde, dando origen a cristales columnares, y la capa metal solidificado crea elevado grad  $T^a$ .  
El espesor capa solidificada nos lo da  $x = k \text{ pt. K}$  depende molde y metal fundido.  
Formación del rechupe al bajar el nivel del líquido, central y concentrado.  
Rechupe interno cuando el líquido no moja la capa superior por contracción.  
Ángulos externos solidificación mas rápida, el calor se disipa mas rápido.  
Ángulos internos solidificación mas lenta puntos calientes.
  - 2 Aleaciones eutécticas:**  
Solidifican a  $T^a$  cte  
Cristales muy finos de dos o más fases.  
Avance mas rápido del frente (tiene que disipar menos calor por la energía de formación de borde de grano)  
Rechupe interno.
  - 3 Aleaciones no eutécticas:**  
Intervalo de solidificación.  
Zona de grano fino en la superficie.  
Dendritas perpendiculares a la pared (zona pastosa).  
Al solidificar se enriquece de C el líquido  $T^a$  solidificación disminuye.  
Granos equiaxiales si el intervalo de solidificación es amplio.  
Microrechupes repartidos en juntas de granos solidificados.

## **MECANISMOS DE LA FORMACIÓN DE RECHUPES.**

- 1 Molde colado con metal puro o eutéctico. Solidificación en capa delgada.**  
Frente de solidificación bien definido, sin estado pastoso.  
El rechupe es franco, central, concentrado y macroscópico. (abierto-cerrado).  
El rechupe interno debido al enfriamiento superficial, provoca que el volumen del líquido sea insuficiente creando una cavidad vacía.
- 2 Molde colado con aleación con intervalo de solidificación. Solidificación en capa gruesa.**  
Aparece desde el principio el estado pastoso.  
No hay frente de solidificación. Avance en puntos distintos de masa.  
Formación de canales líquidos entre cristales solidifican en ultimo termino (crecimiento dendrítico).  
Microrrechupe en las juntas de los granos solidificados.
- 3 Aleaciones con características de solidificación intermedias.**  
Solidificación en capa delgada u capa gruesa.  
Frente de solidificación y estado pastoso.

## **DISEÑO DE LOS CONDUCTOS DE COLADA.-**

### **LOS SISTEMAS DE COLADA.**

**Conjunto de canales que conducen la aleación líquida hasta la cavidad del molde para su llenado.**

**Antes de decidir un sistema de colar, conviene determinar posición del modelo en el molde para valorar las ventajas e inconvenientes del sistema de colada a emplear.**

### **COLADA DIRECTA, EN CASCADA, CAÍDA O DESCENSO**

**Se utiliza en moldes pequeños de diseño sencillo, o moldes grandes contruidos de material resistente a la erosión.**

**Gran turbulencia del metal al caer provoca erosión de las paredes y fondo, atrapa aire y oídos en pieza fundida.**

**Al colar hierro y acero la erosión es el mayor problema.**

**En metales ligeros oxidables Al y Mg la escoria y atrapamiento de aire mayor inconveniente. No es recomendable colada directa para estos metales.**

**Aun con la utilización de filtros el metal entra de manera turbulenta.**

### **COLADA POR LA SUPERFICIE DE PARTICIÓN DE LOS MOLDES.**

**Intermedia entre la directa y por el fondo.**

**A menudo se utiliza más como una solución fácil.**

**Velocidad de entrada del metal baja  $S_{\text{entrada}} < S_{\text{salida}} < S_{\text{ataque}}$  lo que se denomina bebedero ahogado o sin presión.**

**Más sencilla la entrada a los cargadores.**

**Promoviendo una solidificación direccional.**

**Costes de limpieza mínimos.**

### **COLADA POR EL FONDO, FUENTE O SIFÓN.**

**Reduce al mínimo la turbulencia y la erosión**

**El metal se enfría al subir puede no llenar el molde provocando rechupes o piezas no llenas.**

**No se recomienda utilizar mazarotas superiores.**

**Se recomienda utilizar mazarotas laterales y tenemos el foco caliente en el interior del molde.**

### **COLADA ESCALONADA, POR ETAPAS O CON SIFONES SUPERPUESTOS.**

**Corrige el inconveniente de la colada por el fondo pero conserva sus ventajas.**

**Al principio el metal entra por el fondo y a una cierta altura, por el siguiente ataque.**

**Inclinando los ataques hacia arriba se consigue la colada escalonada.**

**No se puede disponer de formulas para su diseño.**

## **ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UN SISTEMA DE COLADA..**

**Cono o embudo de colada, bañera o bacimo, cavidad de vertido.**

**Recibe el metal y lo dirige al bebedero.  
Facilita el vertido del metal.  
Reduce turbulencia.  
Frena el golpe de metal liquido contra el molde.**

**Filtros:**

**Evitan la entrada de escoria.  
Se construyen de arena de machos, refractarios y cerámicos.  
Regulan la velocidad de colada.**

**Bebedero:**

**Conducto vertical en forma de tronco de cono.  
Recibe el metal del cono de colada y lo conduce a los canales de colada.  
Debe llenar el molde de forma correcta.  
Permanecer lleno durante la colada.  
No originar ni erosiones ni choques.**

**Canal de colada o distribución:**

**Uno o mas conductos horizontales de sección trapezoidal.  
Recibe el metal del bebedero y lo conduce a los ataques.  
Debe resistir la erosión y alimentar uniformemente los ataques.**

**Ataques de colada o entradas:**

**Asegurar un llenado regular y completo del molde.  
Evitar erosiones o desplazamientos de los machos.  
Fáciles de eliminar posteriormente.**

**Respiraderos:**

**Conductos que dan salida al aire y gases debidos a la colada.  
Evacuan las inclusiones no metálicas escorias.  
Regulan entrada metal en molde.**

**Mazarotas:**

**Se utilizan cuando la aleación tiene alto coeficiente de contracción.  
Evitan defectos debidos a la contracción.  
Sustituyen a los respiraderos.**

## **CÁLCULO DEL SISTEMA DE COLADA.**

**La forma de distribución y de colar:**

**Posición del bebedero.**

**Nº y posición de los canales.**

**Nº y posición de los ataques.**

**Situación de los respiraderos o mazarotas**

**Tiempo máximo de colada:**

**Temperatura de colada hasta la del líquidus.**

**Se pretende evitar defectos por radiación térmica.**

$$t = K \left( \frac{V}{S} \right)^2$$

**K coef. depende de:**

**Forma de la pieza.**

**Densidad del metal y molde.**

**Características técnicas.**

**Forma de colada.**

**La problemática determinación del coeficiente K Y abacos directos de t.**

**V = Volumen de la pieza.**

**S = Superficie de la pieza.**

**M = V/S módulo de enfriamiento o solidificación.**

**Dimensiones de los conductos:**

$$P = \alpha \sqrt{2gHn} S_A \rho t 10^{-3}$$

**P = peso del metal líquido.**

**$\alpha$  = coeficiente pérdida de carga, factor de velocidad, mediante abacos.**

**$nS_A$  = nº y sección de los ataques.**

**$S_C$  = sección del canal.**

**$S_B$  = sección del bebedero.**

**Generalizado:**

$$S_B : S_C : nS_A = 1 : K : 1$$

**$K = /n$ ,  $K \#2$ ; 1 : 1,3-2 : 1 aleaciones férricas pesadas**

**1 : 3 : 1 aleaciones no férricas ligeras**

**$S_C > nS_A$  alimentador con presión.**

**$S_C < nS_A$  alimentador sin presión.**

## **CONSIDERACIONES PRÁCTICAS.**

**H se calcula en función forma de colar.**

**Primer ataque alejado  $1,5 D$  del pie del bebedero.  $D$  diámetro del bebedero.**

**Forma de las secciones de colada para fácil desmoldeo, trapezoidales.**

**Diámetro del embudo en función diámetro bebedero.**

**Diseño ovalado del embudo evitar turbulencias.**

**Embudos, postizos y cazuelas o bañeras de colada.**



## **DISEÑO DE LAS MAZAROTAS.-**

### **RAZONES PARA SU USO.**

**Prolongación de la pieza que tiene por misión servir de reserva de aleación líquida, en el momento de su solidificación, debe haber compensado las pérdidas de volumen que resulten de la contracción y alimentando las partes que se prevee rechupe. Son las ultimas en solidificar**

### **MÓDULO DE ENFRIAMIENTO. :**

**Estudio del tiempo para la solidificación completa de la pieza, llegamos a:**

$$t = K \left( \frac{V}{S} \right)^2$$

**Tenemos que suponer que la aleación solidifica en capas delgadas.**

**Modulo de enfriamiento:  $M = V/S$**

**K coef. = en función forma de la pieza, densidad y propiedades del metal y molde.**

**K depende muy poco de la forma de la pieza y se desprecia su influencia.**

**Se exige:  $M_M \leq M_P$ ;  $M_M = 1,2 M_P$**

### **RADIO DE ACCIÓN DE LAS MAZAROTAS.**

**No basta una mazarota muy grande, cada una radio acción limitado.**

**Colocación en zonas mas difícil alimentación, masivas de ultima solidificación desde pieza a mazarota.**

**Solidificación en capas delgadas.**

**Zonas de acción: barras longitudinales a ambos lados de la mazarota, sección cuadrada, redonda, poligonal.**

**Zonas de acción placas: pieza plana zona de acción mazarota circular**

**Como barras se consideran todas las piezas de sección cuadrada, redonda o poligonal regular.**

**Como placas piezas planas en las que en su sección una de sus dimensiones es mayor que cinco veces la otra.**

**Efecto de extremidad: Podemos situar la mazarota a una mayor distancia del borde pues este se enfría mas rápidamente, EE es una distancia no necesaria de la mazarota.**

**Efecto enfriadores.**

## DIMENSIONADO DE LAS MAZAROTAS.

Modulo de la zona de la pieza a alimentar:  $M_p = \frac{V_p}{S_p}$ ; Volumen fácil, Super-ficie complicado por forma de la pieza.

Modulo de la mazarota:  $M_m = \frac{V_m}{S_m}$

Creemos que el método mas adecuado y general es determinar de forma aproximada el modulo de enfriamiento de la pieza, y adoptar:  $M_m = 1,2 M_p$ .

Forma de la mazarota:

Interesa para mismo volumen metal, el mayor modulo de enfriamiento posible, forma esférica cumple esta condición, pero resulta caro y complicado y se adopta la forma cilíndrica.

El criterio actual es H/D entre 1 y 1,5 puede adoptarse  $M_m = D/5$

Mazarotas exotérmicas: envueltas en sustancia químicas  $M_m = 0,8 M_p$ .

Volumen de la mazarota:  $V_m = n V_p C$ .

n = coef. de seguridad, normales 3, exotérmicas 1,5

$V_p$  = volumen de la pieza

C = coef. de contracción en % del volumen del metal

Metal liquido a preparar  $Q = P + C + S$

P = peso de la pieza; C = peso dispositivo de colada; S = 5-10% margen seguridad.

## UNIÓN ENTRE PIEZA Y MAZAROTA.

Mantener zona de conexión liquida durante solidificación.

Cuellos de unión:

Anchos de diámetro igual al de la mazarota o algo menor, tallados en ángulos vivos en la misma arena del molde, con galletas confeccionadas con arena de machos y estufada,

Sus dimensiones principales son:

longitud l y su diámetro d.

Para mazarotas de  $H = 1,5D$  de cumplirse:

**Acero  $0,14D < l < 0,18D$  d \$ 0.40 D;**  
**Aleac. de Cu  $0,25D < l < 0,35D$  d \$ 0.65 D**

## **ENFRIADORES.**

### **Norma práctica:**

**Espesor enfriador igual al doble del módulo de la parte de la pieza interesada.**

**En caso de placas (módulo  $e/2$ , siendo  $e$  el espesor), que debe ser igual espesor de la placa.**

**La longitud de contacto igual al espesor pieza**

**Amplían la zona de acción de las mazarotas.**

**Formas: las mas variadas, externas o internas similar composición del metal.**

**No romper continuidad de la pieza.**

## **MAZAROTAS ATMOSFÉRICAS.**

**Las mazarotas vistas son de gravedad abiertas en zonas altas cuyo motor de alimentación es el peso del metal líquido**

**Las mazarotas ciegas atmosféricas se sitúan en zonas interiores, se coloca un macho permeable o lápiz de grafito para establecer presión la presión atmosférica en el interior y que el caldo sea empujado hacia la pieza  $P_{atm} = 1,35$  m de columna de acero.**

**Son cilíndricas con casquete semiesférico  $H = 1,6D$**

**Reducen el tamaño 5-10% frente a la abierta.**

### **REGLAS BÁSICAS DE LAS MAZAROTAS.**

**Que la mazarota sea el último punto caliente del sistema.**

**Que no se obstruya la unión mazarota pieza.**

**La mazarota estará en lo posible por encima de la pieza que alimenta.**

## **DEFECTOS EN PIEZAS FUNDIDAS.-**

**Causas de los defectos: control imperfecto sobre operaciones complejas.**

**Tras la colada:**

**Diagnosticar defectos.**

**Eliminar causas.**

**Evaluar en peso y % para posterior estudio estadístico de producción.**

**Diagnostico: Complicado, tratar cada error por separado**

## **DEFECTOS MANIFIESTOS.**

**A la forma: deformaciones, aplastamiento, rebabas, empujes, hundimientos y movimientos de cajas.**

**A la superficie: aspecto basto, penetraciones, darts, inclusiones, exfoliaciones, hinchazones y abombamientos.**

**Al conjunto de la pieza: soldaduras e intermitencias, grietas, roturas. piezas no llenas.**

## **DEFECTOS OCULTOS.**

**Soluciones internas de continuidad: porosidad, rechupes, pequeños agujeros, menisco, contracciones, tensiones y grietas.**

**Composición y estructura inadecuada: temple difuso, localizado y difuso, temple inverso y segregaciones de grafito.**

**Inclusiones de materias heterogéneas: gotas frías, escoria, arena y negro.**

## **DEFECTOS DEL EXTERIOR DE LA PIEZA.**

**Deformaciones y alabeos: en piezas extendidas en longitud o en superficie, o por causas intrínsecas de las piezas o por causas externas..**

**Aplastamientos y hundimientos: reducción espesor piezas o inflexión caja superior exceso carga.**

**Empujes y rebabas: cierre imperfecto de las cajas momento colada.**

**Movimientos de las cajas: excesivo juego pernos, desviación macho. presión metalostática.**

**Movimientos del macho: entregas de machos pequeñas en portadas.**

**Aspecto basto: arena poco refractaria, grano grueso, no secado, negro inadecuado, arena mal trabajada, T<sup>a</sup> colada excesiva.**

**Hinchazones: son abultamientos redondeados producidos por presión metalostática, arena paredes mal atacada.**

**Penetraciones: metal muy fluido, reducir temperatura de colada.**

**Exfoliaciones: terrón poco permeable, desmoronamiento si metal aun fluido flota y va a posarse pared superior del molde, suele acompañarse de sopladuras o burbujas.**

**Darta: el terrón no se desprende, y queda unida lengua de metal llamada grapa.**

**Inclusiones de arena: se desprende caja superior o al entrar el metal en el molde.**

**Soldadura o intermitencia: corriente de metal se desdobra, si se interrumpe la colada.**

**Hendiduras y grietas: impedida contracción de la pieza en estado sólido.**

## **DEFECTOS OCULTOS EN EL INTERIOR DE LA PIEZA**

**Porosidades y burbujas:** se trata de burbujas esféricas o planas vesicular, gases disueltos aprisionados por escasa permeabilidad, excesiva humedad del molde .

**Sopladura:**

**Machos rodeados por mucho metal.**

**Origen interno (endógenas):** paredes internas no oxidadas a veces brillantes

**Origen externo (exógenas):** coloraciones variables y están oxidadas.

**Se diferencian de los rechupes por ser lisos.**

**Solución:**

**crear en molde y macho canales escape de gases.**

**arena buena calidad, permeable y seca.**

**aglomerantes adecuados y en cantidad adecuada**

**colada con filtro**

**evitar exceso de negro**

**evitar humedad solera cubilote, piquera y calderos de fundir**

**evitar coquillas, enfriadores humedos y oxidados**

**Rechupes, contracciones o meniscos:**

**cavidades por presencia de dendritas formadas durante solidificación.**

**microrechupes:** pequeñas cavidades deseminadas

**menisco:** al colar alta T<sup>a</sup> el rechupe atrae la pared superior externa que descende hacia abajo

**Origen:**

**falta de alimentación**

**espesores diversos**

**bebederos y mazarotas mal dispuestos**

**Solución:**

**estudio de las mazarotas**

**enfriadores.**

**Temples:** aumento de la dureza, emblanquecimiento parcial o total C Y Fe<sub>3</sub> C localizado

**difuso**

**inverso HB[no mecanizable MH con avances normales**

**Estructura de grano abierto y segregación de grafito: copos o laminillas de grafito.**

**Inclusiones:** cuerpos extraños arrancados del molde y aprisionados en el interior.

**Gotas frías:** sopladuras por error del metal, tipo de inclusión del propio metal al salpicar.

**INSPECCIÓN DE LAS PIEZAS FUNDIDAS.**

**Inspección ocular.**

**Inspección radiográfica.**

**Inspección con elementos fluorescentes o polvos magnéticos. Partículas magnéticas**

**Métodos de control estadístico de la calidad.**

## **DISEÑO CORRECTO DE PIEZAS FUNDIDAS.-**

### **GENERALIDADES.**

**Trazado de piezas para evitar el rechupe.**

#### **PRIMERA LEY DEL TRAZADO.**

**Diseñar piezas cuyos espesores sean constantes durante el moldeado.**

**Unión de dos paredes.**

**Unión de dos paredes en forma de V.**

**Unión de dos paredes en forma de T.**

**Unión de tres paredes.**

**En el caso en que los espesores no puedan mantenerse constantes en toda la pieza, resulta:**

#### **SEGUNDA LEY DEL TRAZADO.**

**Cuando es imposible dar espesores constantes a una pieza, el trazado debe ser tal que los círculos inscritos en cada sección horizontal de la pieza tengan diámetros superiores, o por lo menos iguales, a los círculos inscritos en una sección horizontal inmediatamente inferior, estando la pieza en posición de colada.**

**Solidificación dirigida de abajo arriba.**

**Automazarotas.**

#### **REGLA DEL TRAZADO DEFORMANTE.**

**Dibujar la pieza tal como debe quedar una vez terminada y lista para su montaje, (pieza acabada).**

**Partiendo de este dibujo, dibujar la pieza añadiéndole los sobreespesores de mecanizado.**

**Inscribir un círculo en la pared que durante la colada sea el punto de la pieza más bajo.**

**Trazar entonces, ascendiendo hacia las partes altas de la pieza, círculos cuyos diámetros sean mayores o iguales a los que tienen una altitud inferior. La forma de la pieza bruta viene dada por la superficie que cubre todas las esferas cuyos círculos trazados anteriormente sean círculos mayores.**

#### **REGLAS PARA EVITAR TENSIONES INTERNAS.**

**Diseñar las piezas de modo que se mantengan los espesores constantes y se supriman los cambios bruscos de sección, sustituyéndolos por radios de unión adecuados, o uniones progresivas.**

**Comenzar la colada por las partes más voluminosas con enfriadores.**

**Emplear moldes y machos lo suficientemente deformables para que cedan a la contracción.**

**Adoptar para las piezas formas que se puedan deformar libremente sin crear ninguna rigidez local. Las tensiones debidas a la contracción a lo sumo solo deben producir flexiones elásticas en ciertas partes de la pieza.**