

Universidad de Holguín. Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Mecánica

USO DE MOLDEO HEMBRADO TECNOLOGIA DE CONEXIÓN
HIDRÁULICA EMH-TF-CHM-00-50 DEL FILTRO DE ALCIDES PINO

TRABAJO DE DIPLOMA

HOLGUÍN, 2022

Universidad de Holguín. Facultad de Ingeniería



Departamento de Ingeniería Mecánica

USO DE MOLDEO HEMBRADO TECNOLOGIA DE CONEXIÓN
HIDRÁULICA EMH-TF-CHM-00-50 DEL FILTRO DE ALCIDES PINO

TRABAJO DE DIPLOMA

Autor: Carlos Lamas Rodríguez

Tutores: Dr. C. Rigoberto Pastor Sánchez Figueredo
M Sc. Lisandra Pupo Salazar

HOLGUÍN, 2022



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por ser el apoyo incondicional y por haberme hecho un hombre de bien.

A mi esposa por estar conmigo en todo momento.

A mis familiares y amigos por ser grandes apoyos

A mis profesores porque parte de lo que soy es gracias a ellos

Gracias a la vida por cada día vivido y los que me esperan



Índice

INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 1 Análisis de los procesos de fundición y moldeo del bronce.	7
1.1. Características fundamentales de las fundiciones de bronce.....	7
1.2. Métodos de moldeo	14
1.3. Análisis tecnológico para la implementación del proceso de fundición.....	16
1.4. Características del sistema de alimentación	21
1.5. . Conclusiones parciales	35
Capítulo II Proceso tecnológico de fabricación.	36
2.1 Caracterización de la pieza	36
2.2 Ruta tecnológica para las operaciones de los diferentes procesos de fabricación.....	37
2.3 Secuencia tecnológica de fabricación.....	41
2.3.1 Medidas de seguridad para los procesos de fabricación.	41
2.3.2 Tecnología del molde.....	42
2.4 Aplicación del moldeo hembrado.....	59
2.5 Discusión de resultados y valoración socio económica	62
Conclusiones	65
Recomendaciones	66
Bibliografía	67



RESUMEN

La presente investigación revela una posible tecnología para la fabricación de la pieza con código EMH-TF-CHM-00-50, con la aplicación de un método novedoso que permite el aumento de la eficiencia del herramental tecnológico, el peso del vertido y la productividad, en la producción bajo las condiciones actuales en la industria sideromecánica cubana. La investigación realiza un análisis de los antecedentes, principales distinciones y el estado actual de los diferentes tipos de moldeos desarrolladas por diferentes autores. Se exponen todos los elementos que componen la metodología para la aplicación del sistema de moldeo hembrado. Se describe la concepción de la metodología seguida, con el fin de demostrar y comprobar la hipótesis planteada. Se analizan casos reales y se ofrece una valoración socio económica con un análisis del costo, el tiempo empleado y la productividad, al aplicar los sistemas de moldeo tradicionales y su comparación con el “Sistema Hembrado”.

Palabras Claves: Sistema Hembrado, tipos de molde, bronce

SUMMARY



The present research reveals a possible technology for the manufacture of the piece with code EMH-TF-CHM-00-50, with the application of a novel method that allows the increase of the efficiency of the technical tooling, the weight of the spill and the productivity, in the production under the current conditions in the Cuban iron and steel industry. . The research makes an analysis of the background, main distinctions and the current state of the different types of molds developed by different authors. All the elements that make up the methodology for the application of the female molding system are exposed. The conception of the methodology followed is described, in order to demonstrate and test the hypothesis raised. Real cases are analyzed and a socio-economic assessment is offered with an analysis of cost, time spent and productivity, when applying traditional molding systems and their comparison with the "Female System".

Keywords: Female System, mold types, bronze



INTRODUCCIÓN

Los procesos productivos a nivel mundial se encaminan a métodos cada día más eficientes y eficaces con un mayor respeto al medio ambiente y la salud. Para enfrentar esta situación se han desarrollado planes nacionales donde se estimula la reducción de costos de producción, el ahorro de materias primas y la sustitución de importaciones. El alto nivel de capacitación técnica del personal en la industria permite la aplicación de nuevas tecnologías más limpias, con más eficiencia en los procesos de diseño, fabricación, mantenimiento y recuperación de piezas. (GESIME, 2018) Es por ello que una actualización constante es necesario. Para ello se realiza la colaboración entre la FACING de la UHo y el Grupo Empresarial de la Industria Sideromecánica (GESIME)

La fabricación de piezas para el mercado nacional como internacional es clave para el desarrollo económico del país es por ello que el análisis consiente y las potencialidades de nuestras industrias es tarea primordial. El país se dispuso invertir en nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia en este sector, y ha dedicado para ello instituciones como la UEB Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio".

La propia naturaleza de los procesos de fundición, lo definen como muy costosos, producto al alto consumo de portadores energéticos. La industria de la siderurgia cubana se concibió basando su alimentación energética en las Estaciones Átomo eléctricas que se construirían en Santa Lucia (Holguín) y Juraguá (Cienfuegos). Debido a la disolución del Consejo de Ayuda Mutua Económica que asociaba a los países del campo socialista para el desarrollo económico, estos proyectos no se ejecutaron y el consumo energético de las Fundiciones pasó al Sistema Eléctrico Nacional, produciendo un sobreconsumo. Esta situación unida al redimensionamiento de la Industria Azucarera y Mecánica, que disminuyeron el mercado de artículos fundidos, trajo como consecuencias que el nivel de demanda de los fundidos no justificara el costo de producción y, por lo tanto, su manufactura. Como me-



didada alternativa a esta situación se decidió el redimensionamiento de la tecnología instalada.(GESIME, 2018)

El Taller de Fundición de la Empresa Mecánica de Holguín, es una de las entidades redimensionadas perjudicada en cuanto a que se trasladó su entorno tecnológico hacia el taller de maquinado con un área de moldeo y vertido incapaz de evacuar todo el metal colado en la jornada de fusión, la misma está ubicada en la carretera de San Germán Km 3 ½, Holguín, fue fundada en julio de 1980, redimensionada en el año 2003 y reordenada en el 2016, consta de dos talleres fundamentales para su producción.

El taller de producciones ferrosas quedó concebido con un horno de cuba alta discontinuo de 700 mm de diámetro interior. La capacidad calculada del mencionado taller es de 360 toneladas al año. Se producen piezas principalmente para la Industria Mecánica, AZCUBA, MINTUR, MINDUS, entre otras. El moldeo se realiza en cajas metálicas de dimensiones (1000 x 800 x 300) mm y (630 x 500 x 250) mm y se utilizan mezclas en verde.

Posee un taller secundario para la elaboración y secado de los machos, estos son elaborados con mezclas de cromita, bentonita, fuel oil y melaza con secados en estufas a temperaturas de (200– 250)° C. Presenta un sistema de moldeo mecanizado con máquinas neumáticas movidas por un compresor que impulsa de forma estable aire comprimido a seis atmósferas.

El taller de fundiciones no ferrosa en su entorno tecnológico cuenta con: horno de crisol para la fusión de bronce, horno Wilkinson para la fusión de cuproaleaciones, horno tambor para la fusión de aleaciones de aluminio y se moldea con pisones neumáticos y mezclas en verde. La empresa tiene un taller auxiliar de herramental para la construcción de los modelos, accesorios, dispositivos y mantenimiento necesario para la ejecución de la producción.



Estas condiciones se caracterizan por disponer para el caso de las producciones ferrosas, de un horno de cuba alta discontinuo de 700 mm de diámetro interior con una capacidad de sangrado de 1000 kg de caldo de hierro gris, que no puede ser explotado a su máxima capacidad, debido al bajo peso de los moldes y lo reducido de la zona de vertido, e ineficiencia del herramental tecnológico, que disminuyen la productividad de la fábrica y disminuyen el rendimiento tecnológico general, encareciendo el costo y el precio de las producciones. Esto provoca la salida al mercado con un producto no competitivo.

El taller de fundición de metales no ferrosos posee un área de vertido limitada, además de una cantidad deficiente de herramental tecnológico y mezclas de moldeo. Estas particularidades de la industria han provocado el surgimiento de un **problema de investigación**, aumentar la eficiencia del herramental tecnológico y la productividad de la fábrica bajo las condiciones específicas del Taller de Fundición de la Empresa Mecánica de Holguín.

Por ese motivo surge como **objeto de estudio**, los sistemas de moldeo que intervienen en la tecnología de los procesos de fundición y como **campo de acción** el uso de moldeo hembrado en el moldeo de la conexión hidráulica EMH-TF-CHM-00-50 de bronce del Filtro de Alcides Pino.

Planteándose como **hipótesis** que, si se usan el sistema de moldeo hembrado en el moldeo de la conexión hidráulica EMH-TF-CHM-00-50 de bronce del Filtro de Alcides Pino se logra aumentar la eficiencia del herramental tecnológico y la productividad de la fábrica bajo las condiciones específicas del Taller de Fundición de la Empresa Mecánica de Holguín.

Partiendo de ello, se plantea como **objetivo general del trabajo**, Aplicar el moldeo hembrado en el moldeo de la conexión hidráulica EMH-TF-CHM-00-50 de bronce del Filtro de Alcides Pino, para aumentar la eficiencia del herramental tecnológico y



la productividad de la fábrica bajo las condiciones específicas del Taller de Fundición de la Empresa Mecánica de Holguín.

Se definieron las siguientes **tareas de investigación**:

1. Consulta con expertos y análisis de la documentación tecnológica de la fábrica con el fin de determinar la perspectiva de producir fundidos con el uso de moldeo hembrado.
2. Diseñar el herramental necesario para producir fundidos por el método de “moldeo hembrado”.
3. Seleccionar a partir del método de obtención elegido, cual es la factibilidad en el aprovechamiento de la zona de vertido y evacuación del caldo producto de la fusión aplicable a las condiciones de vertido de la empresa.

En las ciencias se aplican una variedad de métodos teóricos, dentro de ellos están: el método de análisis y síntesis, el hipotético-deductivo, el análisis histórico y el lógico, el de tránsito de lo abstracto a lo concreto, la modelación y el enfoque de sistema. Cada uno cumple funciones gnoseológicas determinadas, por lo que en el proceso de realización de una investigación científica se complementan entre sí. A continuación, se exponen los métodos fundamentales utilizados en la investigación:

Empíricos

1. **Observación:** Permitió la recopilación de información preliminar sobre los elementos que inciden negativamente en el proceso de fundición.
2. **Entrevistas:** Se entrevistó al Ing. Alexis Ronda Oro para obtener detalles específicos de la fabricación de la pieza. Además del DrC. Ing. Rigo-berito Pastor Sánchez Figueredo el cual posee una amplia experiencia en este proceso.
3. **Modelación:** Se crea un modelo científico como instrumento de la investigación de carácter material o teórico, el cual se utiliza para hacer una reproducción simplificada de la realidad; este cumple una función heurís-



tica, ya que permite descubrir y estudiar nuevas relaciones y cualidades del objeto de estudio. Se aplica al modelar el proceso de desarrollo de la tecnología para la obtención del bronce por el sistema de moldeo hembrado.

4. **Método computacional:** Se utiliza durante la concepción y desarrollo de la aplicación informática para asistir en el cálculo de los parámetros que intervienen en la tecnología para la obtención del bronce por el sistema de moldeo hembrado.

Teóricos

1. **Análisis y síntesis:** Se utiliza para identificar los factores principales -y sus características- que influyen en el fenómeno que se estudia, así como su interrelación. Se aplica para identificar las etapas que intervienen en la tecnología para la obtención del bronce por el sistema de moldeo hembrado.

2. **Histórico-lógico:** Este se aplica para establecer el estado del arte del tema de investigación, como marco teórico referencial, permitiendo conocer qué se ha investigado sobre el tema objeto de estudio y qué leyes o aspectos generales se abordan en el fenómeno que se estudia.

3. **Enfoque sistémico- estructural- funcional:** Permitted analizar cada parte del trabajo por separado y luego como un todo.

4. **Hipotético –deductivo:** A partir del estudio de diferentes casos particulares se llega a establecer aspectos que son generales y leyes empíricas, que constituyen puntos de partida para inferir o confirmar formulaciones teóricas, de las cuales se deducen nuevas conclusiones lógicas que son sometidas a prueba de acuerdo con las generalizaciones empíricas. Se aplicará para la evaluación de los diferentes criterios que intervienen en la tecnología para la obtención del bronce por el sistema de moldeo hembrado.

Resultados esperados.



Los beneficios esperados de la investigación se expresan en aumentar la eficiencia del herramental tecnológico, el análisis de los parámetros tecnológicos para la aplicación del sistema de moldeo hembrado con una metodología de obtención de bronce con la composición química y propiedades mecánicas que establecen las normas que rigen este tipo de producción, adecuado a las condiciones actuales de la industria en Cuba.

El informe de tesis se estructura en la siguiente forma:

— Introducción.

— Capítulo 1. ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE FUNDICIÓN Y MOLDEO DEL BRONCE.

. En este capítulo se realiza un estudio de los antecedentes y el estado actual del proceso de moldeo.

— Capítulo 2. PROCESO TECNOLÓGICO DE FABRICACIÓN.

. En este capítulo se expone en detalles todos los elementos que componen la metodología de los parámetros para la obtención de bronce por el sistema de moldeo hembrado y cómo influye la eficiencia del herramental tecnológico en el molde en la disminución del enfriamiento del metal, menor utilización de mezclas de moldeo, y el aumento de la productividad. Se realiza una valoración socio económica, con un análisis del costo y el tiempo empleado aplicando la tecnología tradicional comparándola con el costo y la agilidad de la metodología de los parámetros tecnológicos aplicando el sistema de moldeo hembrado.

— Conclusiones.

— Recomendaciones.

— Bibliografía.



Capítulo 1 ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE FUNDICIÓN Y MOLDEO DEL BRONCE.

En el presente capítulo se realiza un análisis de los procesos de fundición y moldeo en especial para piezas de bronce fundido tanto en el mercado nacional como el internacional. Para ello se procede a la ejecución un análisis de las principales características y los correctos procedimientos para la obtención de piezas.

1.1. Características fundamentales de las fundiciones de bronce.

El cobre es un importante metal de mayor uso corriente en ingeniería y se empleado ampliamente en la industria, sus principales elementos de aleación está el estaño, o algún otro elemento como fósforo o aluminio como constituyente esencial de los bronce (Córdoba et al., 2022). Las fundiciones de bronce tienen innumerables usos y sus ventajas más importantes son:

- Son más fáciles de maquinar que los aceros.
- Se pueden fabricar piezas de diferente tamaño y complejidad.
- En su fabricación no se necesitan equipos ni hornos muy costosos.

La estructura de las aleaciones cobre – estaño fundidas difiere mucho del estado de equilibrio, por eso en las aleaciones que contienen el 5 % de Sn y más, en estado de fundición, se pone ya de manifiesto la fase δ en forma constituyente eutectoide que se forma a 520 °C y tiene la concentración del 26,8 % de Sn). (A.P.Guliaev, 1978)



El bronce recocido contiene hasta el 14 % de Sn debe estar constituido estructuralmente por solución sólida α homogénea (fig. 1., a). Pero en forma de fundición, pero en forma de fundición,

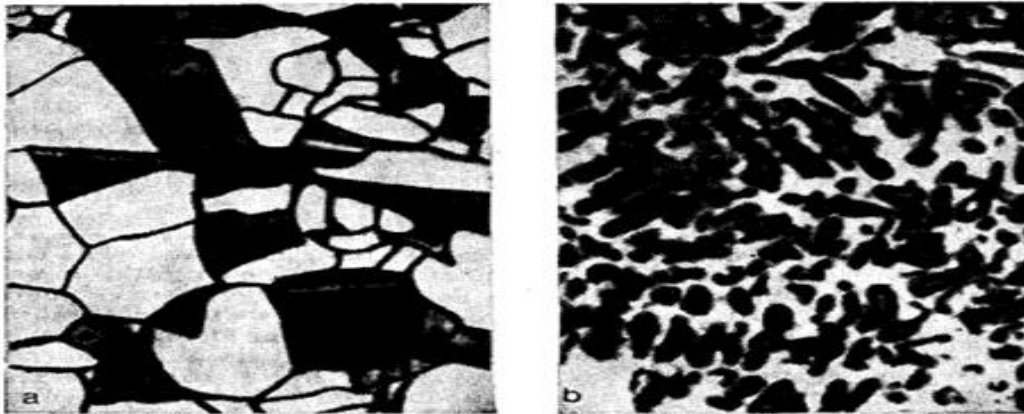


Figura 1 Estructura de bronce fundido con el 6 % de Sn. \times 200: α , después de recocido; β , antes de recocerlo.(A.P.Guliaev, 1978)

la estructura del bronce que contiene hasta el (5-6) % de Sn está constituida por solución sólida α no homogénea, que tiene, lo mismo que en el metal fundido, estructura dendrítica (fig. 1., b). (A.P.Guliaev, 1978)

Cuando el contenido de estaño es mayor del 6 %, junto a la solución no homogénea, dentro de las zonas de esta solución, rica en estaño (zonas blancas), se encuentra la eutectoide $\alpha+\delta$ (fig.2).

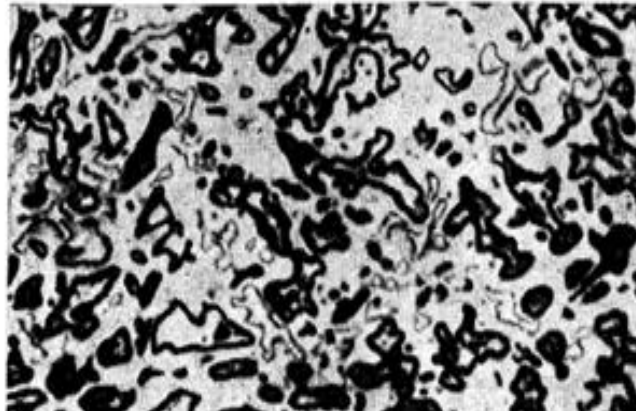


Figura 2. Estructura del bronce fundido con el 10 % de Sn. x 200. (A.P.Guliaev, 1978)

La existencia de la fase δ frágil hace imposible el laminado, por esto, a excepción de los bronce que contienen poca cantidad de estaño que se usan poco, el bronce que de ordinario contiene más del (5-6) % de Sn no se lamina ni se forja, sino que se utiliza en forma de fundición.(A.P.Guliaev, 1978)

Las altas cualidades de fundición de los bronce se deben a la extraordinaria pequeñez de su contracción. La contracción del bronce al estaño es inferior al 1 %, mientras que la de los latones y la de la fundición de bronce es de alrededor del 1.5 % y la de los aceros supera el 2 %. Las piezas de fundición más complejas incluidas las de fundición artística se hacen por lo general de bronce(A.P.Guliaev, 1978).

La fluidez del bronce no es grande a causa de la gran diferencia de temperaturas entre las líneas de líquido y sólido. Por esta misma causa el bronce no da un rechupe concentrado y para su colada no se necesitan grandes mazarotas. Raras veces se consigue obtener fundición de bronce de alta densidad, los poros de contracción dispersos por todo el volumen de la fundición disminuyen su hermeticidad y al mismo tiempo hacen que descienda su densidad y que la contracción sea pequeña.(A.P.Guliaev, 1978)

La influencia de estaño en las propiedades mecánicas del cobre es análoga a la que ejerce el zinc, pero más energética (fig. 3). Con un 5 % de Sn la plasticidad comienza ya a disminuir.

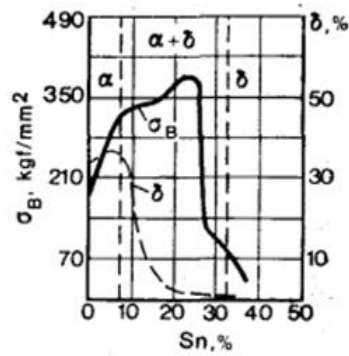


Figura 3 Características mecánicas de las aleaciones Cu-Sn. (A.P.Guliaev, 1978)

Tabla 1 Composición y propiedades de algunos broncees al estaño.(A.P.Guliaev, 1978)

Marca del bronce	Contenido de elementos, %					Características mecánicas		Aplicaciones
	Sn	Zn	Pb	Ni	P	σ_B , kgf/mm ²	δ , %	
Бр010	9—11	—	—	—	—	25	5	Fundiciones complejas, cojinetes, piñones
Бр010-1	9—11	—	—	—	0,8—1,2	25	5	Idem
Бр0ЦЧ 3-7-5-1	2,5—4	6—9,5	3—6	0,5—2	—	20	10	Accesorios para tuberías de agua y vapor, piñones
Бр0ЦС 5-5-5	4—6	4—6	4—6	—	—	17	8	Idem
Бр-1	4—7	5—8	1,4	—	—	—	—	Fundición artística
Бр0Ф 4-0,25	3,5—4	—	—	—	0,1—0,25	35	50	Chapas, cintas, alambres (puede trabajarse por presión)
Бр0Ц 4-3	3,5—4	2,7—3,3	—	—	—	32	40	Idem

En el bronce fundido la existencia de inclusiones de eutectoide que tiene mayor dureza asegura una gran resistencia al desgaste, por lo que el bronce con un 10 % de Sn es el mejor material antifricción y se utiliza como aleación para cojinetes. Como la estabilidad química de los broncees es alta, se utilizan para hacer accesorios para tuberías de vapor, de agua, etc. Así, pues, las aplicaciones principales de los broncees son: para piezas de fundición complejas, para casquillos de cojinetes y para accesorios de tuberías.(A.P.Guliaev, 1978; R.P Sánchez-Figueredo, Pérez-Rodríguez, García-Domínguez, Quesada-Estrada, & Dumitrescu, 2017)

Para su abaratamiento, a la mayoría de los broncees industriales se les añade un (5-10) % de Zn. En estas cantidades el zinc se disuelve en el cobre y no ejerce una influencia importante en su estructura. La maquinabilidad se mejora introduciendo



en el bronce hasta un (3-5) % de Pb, cuya presencia toma la forma de inclusiones aisladas que facilitan la rotura de la viruta.(A.P.Guliaev, 1978)

El fósforo se introduce en el bronce como desoxidante y elimina las inclusiones frágiles de óxido estañoso (SnO). Cuando el bronce tiene 1 % de P suele llamarse bronce fosforoso.(R.P. Sánchez-Figueroa & Pérez-Rodríguez, 2009)

-Las aleaciones de cobre con aluminio, silicio, berilio y otros elementos

Estas aleaciones también se llaman bronce, para diferenciarlas del estaño, se llaman respectivamente bronce al aluminio, al silicio, etc. El bronce al estaño supera a estos bronce por lo pequeño que es el valor de su contracción, pero a la vez es superado por ellos en otros sentidos: en propiedades mecánicas por los bronce al aluminio y al silicio, en estabilidad química por el bronce al aluminio, en fluidez por el bronce al silicio-zinc. El estaño es escaso, por lo que, como es natural, estos bronce, excepto el de berilio, son más baratos que el de estaño.(A.P.Guliaev, 1978).

El bronce al berilio se distingue de todos los demás por su gran dureza y elasticidad.

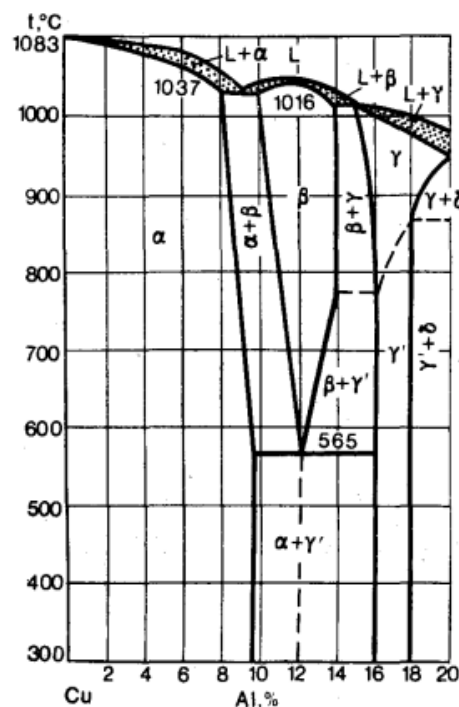


Figura 4 . Diagrama de estado Cu-Al.(Callister, 2015).



Tabla 2 Composición y características de los bronce al aluminio (GOST 18175-72).
(A.P.Guliaev, 1978)

Marca del bronce	Contenido de elementos, %				Características mecánicas (en estado recocido)	
	Al	Mn	Fe	Ni	$\sigma_{B'}$ kgf/mm ²	δ , %
БрА7	6—8	—	—	—	42	70
БрАМц9-2	8—10	1,5—2,5	—	—	50	55
БрАжН10-4-4	9,5—11	—	3,5—5,5	3,5—5,5	65	40

Los bronce de aluminio se utilizan para hacer casquillos de diversos tipos, asientos guidores, bridas, piñones y otras muchas piezas en su mayoría pequeñas, pero de responsabilidad.(A.P.Guliaev, 1978)

Los bronce al silicio, aunque desmerece del bronce al estaño en la magnitud de su contracción, el bronce al silicio supera a aquél en resistencia a la corrosión, en propiedades mecánicas y en densidad de la fundición.(A.P.Guliaev, 1978)

Sus principales aplicaciones son:(Córdoba et al., 2022)

- Conductores eléctricos.
- Contactos eléctricos.
- Resortes.
- Grifos.
- Tuerca y tornillos
- Tubería.
- Artesanías.
- Campanas y engranes.



- Cerraduras.
- Revestimientos en techados, fachadas, puertas y ventanas.
- Criogénicas.

1.2. Métodos de moldeo

Por lo general, el proceso de moldeo se realizaba en moldes en verde, método antiguo que aun predomina en la actualidad. Las actualizaciones de estos procedimientos tecnológicos han logrado disminuir las fuentes de generación de gases durante el vertido.

En nuestro país, en lo fundamental para la obtención de piezas de cuproaleaciones se utiliza el método de vertido estático en moldes de arena (vertido en verde), en los talleres de fundición del Combinado Mecánico del Níquel “Gustavo Machín Hoed de Bech”, en la Empresa Mecánica de Holguín, en el Complejo Militar Industrial “Ignacio Agramante” de Camagüey, en la Planta Mecánica de Santa Clara “Fabrica Aguiar Noriega”, en Cubana de Bronce en Ciudad Habana y se han realizado inversiones en la Planta de Herrajes y Empresa ELEKA, también en Ciudad de la Habana, que han permitido al país la aplicación del vertido estático en moldes metálicos, y el vertido dinámico centrífugo a presión para la producción de herrajes y continuo para la producción de cables eléctricos (R.P Sánchez-Figueroa et al., 2017)

1.2.1 Moldeo en banco:

Este tipo de moldeo es para trabajos pequeños, y se hace en un banco de una altura conveniente para el moldeador. En estos tipos de moldeo se producen grandes cantidades, también se utilizan placas correlativas que son modelos especiales metálicos de una sola pieza al igual que las cajas de tableros de soporte que permiten sacar con facilidad el modelo del molde de arena, el cual se puede volver a utilizar.(Castro, 2009)



1.2.2 Moldeo en piso:

Cuando las piezas de fundición aumentan de tamaño, resulta difícil su manejo, por consiguiente, el trabajo es hecho en el piso. Este tipo de moldeo se usa prácticamente todas las piezas medianas y de gran tamaño. Suelen ser muy costosos, tienen el mismo procedimiento que el moldeo en banco salvo las características ya mencionada(Castro, 2009)

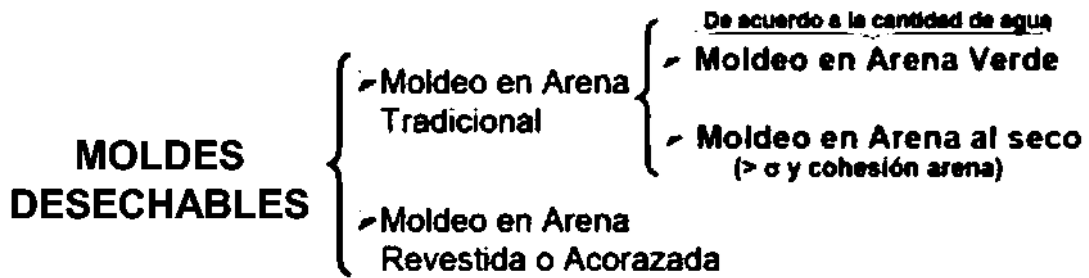
1.2.3 Moldeo en fosa:

Las piezas de fundición extremadamente grandes son moldeadas en una fosa en vez de moldear en cajas. La fosa actúa como la base de la caja, y se usa una capa separadora encima de él. Los lados de la fosa son una línea de ladrillos y en el fondo hay una capa gruesa de carbón con tubos de ventilación conectados a nivel del piso. Entonces los moldes de fosa pueden resistir las presiones que se desarrollan por el calor de los gases, esta práctica ahorra mucho en moldes costosos. Ver Anexo 1 (Castro, 2009)

1.2.4 Molde en maquina:

Las maquinas han sido construidas para hacer un numero de operación es que el moldeador hace ordinariamente a mano, tales como apisonar la arena, voltear el molde completo, formar la alimentación y sacar el modelo; todas estas operaciones pueden hacerse con la maquina mucho mejor y más eficiente que a mano ver Anexo 2 .(Castro, 2009)





SEGÚN EL MÉTODO DE HACER EL MOLDEO EN ARENA

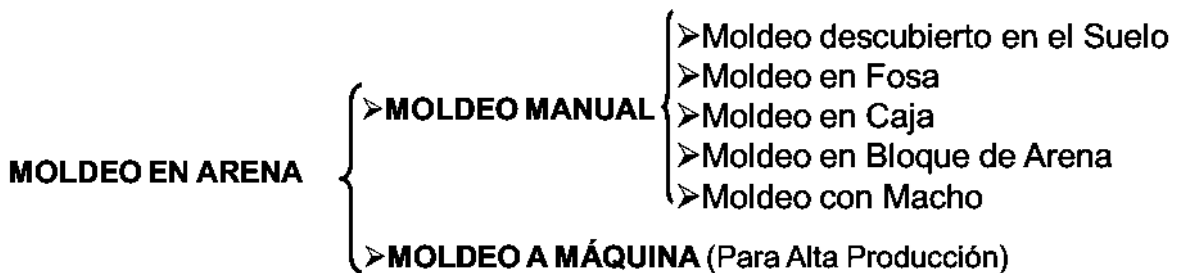


Figura 5 Resumen de los métodos de moldeo (Lisca, Machado, & Pérez, 2022)

1.3. Análisis tecnológico para la implementación del proceso de fundición

Para el desarrollo de una tecnología de fundición el tecnólogo recibe el diseño del plano maquinado y sobre el mismo tendrá que ejecutar la tecnología de fundición, la cual consta los siguientes pasos tecnológicos: elección del plano divisorio, cálculo de las sobre medidas de maquinado, portada para machos, sistema de alimentación, así como el cálculo de la carga para obtener el metal fundido con una composición química determinada.

1.3.1 Diseño de moldeo.

La fundición en arena requiere un modelo a tamaño natural de madera, cristal, plástico y metales que define la forma externa de la pieza que se pretende reproducir y que formará la cavidad interna en el molde. En lo que atañe a los materiales empleados para la construcción del modelo, se puede emplear desde madera o

plásticos como el uretano y el polietileno expandido (EPS) hasta metales como el aluminio o el hierro fundido (R.P. Sánchez-Figueroa & Quesada-Estrada, 2015).

1.3.2 Medidas derivadas de la naturaleza del proceso de fundición:

1. Debe ser ligeramente más grande que la pieza final, ya que se debe tener en cuenta la contracción de la misma una vez se haya enfriado a temperatura ambiente. El porcentaje de reducción depende del material empleado para la fundición.
2. A esta dimensión se debe dar una sobre medida en los casos en el que se dé un proceso adicional de maquinado o acabado por arranque de viruta.
3. Las superficies del modelo deberán respetar unos ángulos mínimos con la dirección de desmoldeo (la dirección en la que se extraerá el modelo), con objeto de no dañar el molde de arena durante su extracción. Este ángulo se denomina ángulo de salida. Se recomiendan ángulos entre $(0, 5^\circ - 2^\circ)$.
4. Incluir todos los canales de alimentación y mazarotas necesarios para el llenado del molde con el metal fundido. Si es necesario incluirá portadas, que son prolongaciones que sirven para la colocación del macho. Los moldes, generalmente, se encuentran divididos en dos partes, la parte superior denominada cope y la parte inferior denominada draga que se corresponden a ciertas partes del molde que es necesario fabricar. (G.E. Belay, Salcines, & Fundición, 1970)

1.3.3 Clasificación de los métodos según la composición del molde se pueden distinguir:

Moldeo en arena verde. La arena verde es una mezcla de arena de sílice, arcilla, humedad y otros aditivos. Este moldeo consiste en la elaboración del molde con arena húmeda y colada directa del metal fundido. Es el método más empleado en la actualidad, con todo tipo de metales, y para piezas de tamaño pequeño y medio. No es adecuado para piezas grandes o de geometrías complejas, ni para obtener buenos acabados superficiales o tolerancias reducidas. (Romero, 2005)

Moldeo en arena químico. Consiste en la elaboración del molde con arena preparada con una mezcla de resinas, el fraguado de estas resinas puede ser por un



tercer componente líquido o gaseoso, o por auto fraguado. De este modo se incrementa la rigidez del molde, lo que permite fundir piezas de mayor tamaño y mejor acabado superficial. (Romero, 2005)

Moldeo en arena seca. La arena seca es una mezcla de arena de sílice seca, fijada con otros materiales que no sea la arcilla usando adhesivos de curado rápido. Antes de la colada, el molde se seca a elevada temperatura entre (200 - 300 °C). De este modo se incrementa la rigidez del molde, lo que permite fundir piezas de mayor tamaño, geometrías más complejas y con mayor precisión dimensional y mejor acabado superficial.(Romero, 2005)

Moldeo Horizontal. A finales de los años 50 los sistemas de pistones alimentados hidráulicamente fueron usados para la compactación de la arena en los moldes. Estos métodos proporcionaban mayor estabilidad y precisión en los moldes. A finales de los años 60 se desarrolló la compactación de los moldes con aire a presión lanzado sobre el molde de arena precompactado. La mayor desventaja de estos sistemas es la gran cantidad de piezas de repuesto que se consumen debido a la multitud de partes móviles, además de la producción limitada unos 90-120 moldes por hora.(Romero, 2005)

Moldeo vertical. En 1962 la compañía danesa *Dansk Industri Syndikat (DISA)* implementó una ingeniosa idea de moldeo sin caja aplicando verticalmente presión. Las primeras líneas de este tipo podrían producir 240 moldes por hora y hoy en día las más modernas llegan a unos 550 moldes por hora. Aparte de la alta productividad, de los bajos requerimientos de mano de obra y de las precisiones en las dimensiones, este método es muy eficiente (Navas, 1990)

Moldeo en arena “*matchplate*”. Este método fue desarrollado y patentado en 1910. Sin embargo, no fue hasta principio de los años 60 cuando la compañía americana *Hunter Automated Machinery Corporation* lanzó su primera línea basada en esta tecnología. El método es similar al método vertical. El principal proveedor es DISA y actualmente este método es ampliamente utilizado, particularmente



en Estados Unidos, China y la India. Una gran ventaja es el bajo precio de los modelos, facilidad para cambiar las piezas de los moldes y, además, la idoneidad para la fabricación de series cortas de piezas en la fundición.(Córdoba et al., 2022)

Moldeo a la cera perdida o micro fusión. En este caso, el modelo se fábrica en cera o plástico. Una vez obtenido, se recubre de una serie de dos capas, la primera de un material que garantice un buen acabado superficial, y la segunda de un material refractario que proporcione rigidez al conjunto. Una vez que se ha completado el molde, se calienta para endurecer el recubrimiento y derretir la cera o el plástico para extraerla del molde en el que se verterá posteriormente el metal fundido.(Navas, 1990)

Moldes de arena fría: usa aglutinantes orgánicos e inorgánicos para fortalecer el molde. Estos moldes no son cocidos en hornos y tienen como ventaja que son más precisos dimensionalmente pero también más caros que los moldes de arena verde.

Moldes no horneados: estos moldes no necesitan ser cocidos debido a sus aglutinantes (mezcla de arena y resina). Las aleaciones metálicas que típicamente se utilizan con estos moldes son el latón, el hierro y el aluminio (Navas, 1990)

Las etapas que se diferencian en la fabricación de una pieza metálica por fundición en arena comprenden:

Compactación de la arena alrededor del modelo en la caja de moldeo. Para ello primeramente se coloca cada semimodelo en una tabla, dando lugar a las llamadas tablas modelo, que garantizan que posteriormente ambas partes del molde encajarán perfectamente. Actualmente se realiza el llamado moldeo mecánico, consistente en la compactación de la arena por medios automáticos, generalmente mediante pistones hidráulicos o neumáticos. (Guía Tecnológica de Fundación UCV 1970).



Colocación del macho o corazones. Si la pieza que se quiere fabricar es hueca, será necesario disponer machos, también llamados corazones que eviten que el metal fundido rellene dichas oquedades. Los machos se elaboran con arenas especiales debido a que deben ser más resistentes que el molde, ya que es necesario manipularlos para su colocación en el molde. Una vez colocado, se juntan ambas caras del molde y se sujetan. Siempre que sea posible, se debe prescindir del uso de estos corazones ya que aumentan el tiempo para la fabricación de una pieza y también su coste. (Lisca et al., 2022)

Colada. Vertido del material fundido. La entrada del metal fundido hacia la cavidad del molde se realiza a través de la copa o bebedero de colada y varios canales de alimentación. Estos serán eliminados una vez solidifique la pieza. Los gases y vapores generados durante el proceso son eliminados a través de la arena permeable. (Minaya & Minaya, 2022)

Enfriamiento y solidificación. Esta etapa es crítica de todo el proceso, ya que un enfriamiento excesivamente rápido puede provocar tensiones mecánicas en la pieza, e incluso la aparición de grietas, mientras que si es demasiado lento disminuye la productividad. Además, un enfriamiento desigual provoca diferencias de dureza en la pieza. Para controlar la solidificación de la estructura metálica, es posible localizar placas metálicas enfriadas en el molde. También se puede utilizar estas placas metálicas para promover una solidificación direccional. Además, para aumentar la dureza de la pieza que se va a fabricar se pueden aplicar tratamientos térmicos o tratamientos de compresión (Guía Tecnológica de Fundación UCV 1970).

Desmolde. Rotura del molde y extracción de la pieza. En el desmolde también debe retirarse la arena del macho. Toda esta arena se recicla para la construcción de nuevos moldes.



Desbarbado. Consiste en la eliminación de los conductos de alimentación, mazarota y rebardas procedentes de la junta de ambas caras del molde. (G.E.Belay et al., 1970)

Acabado y limpieza de los restos de arena adheridos. Posteriormente la pieza puede requerir mecanizado, tratamiento térmico. La precisión de la pieza fundida está limitada por el tipo de arena y el proceso de moldeo utilizado. La fundición hecha con arena verde gruesa proporcionará una textura áspera en la superficie de la pieza. Sin embargo, el moldeo con arena seca produce piezas con superficies mucho más lisas. Para un mejor acabado de la superficie de las piezas, estas pueden ser pulidas o recubiertas con un residuo de óxidos, silicatos y otros compuestos que posteriormente se eliminarían mediante distintos procesos, entre ellos el granallado(G.E.Belay et al., 1970)

Etapas del proceso de fundición:

La posibilidad de fundir un metal o una aleación depende de su composición (fijada por el intervalo de solidificación), temperatura de fusión y tensión superficial del metal fundido. Todos estos factores determinan su fluidez. Se utilizan tres tipos de fundición (Gutiérrez 2007).

En lingoteras: Se usa la fundición de primera fusión a la que se añaden los elementos de aleación necesarios que posteriormente se depositan en lingoteras de colada por gravedad o a presión.

Colada continua: En este tipo se eliminan las bolsas de aire y las secreciones, tanto longitudinales como transversales. Mediante este sistema se obtienen barras, perfiles, etc.

Fundición en moldes: Se extraen las piezas completas.

En este trabajo se utiliza el método de fundición en molde pues es el método más utilizado en el taller de fundición de empresa mecánica “Héroes 26 de Julio”.

1.4. Características del sistema de alimentación



1.4.1 El sistema de alimentación para las piezas fundidas debe satisfacer las siguientes condiciones:

- 1) Que el metal llegue a la cavidad del molde suavemente, sin salpicaduras.
- 2) La diferencia de temperatura entre diferentes puntos de la pieza debe de ser la mínima.
- 3) El molde debe llenarse bien con el metal líquido
- 4) El gas que se forma en el límite del metal líquido –molde no debe de entrar en la pieza fundida(G.E.Belay et al., 1970)

La entrada suave del metal en el molde se garantiza con una velocidad lineal mínima en el periodo cuando El orificio del alimentador no está cubierto por el nivel del metal en la cavidad del molde. Tan pronto como el metal comienza a entrar por debajo del nivel, La velocidad lineal puede ser considerablemente aumentada sin el peligro de formarse salpicaduras del metal (G.E.Belay et al., 1970).

1.4.2 Métodos de vertido del metal al molde

1. Caída libre del metal líquido.
2. Alimentación por encima a través del plano divisor.
3. Alimentación por el plano divisor.
4. Alimentación por el fondo.
5. Alimentación en cascada.(Medina, 2013)

1.4.3 Recomendaciones para el diseño del tragadero.

El tragadero, es la parte del sistema de alimentación en que el metal fundido se vierte. El diseño del tragadero es crucial en el método para evitar el inicio del flujo turbulento en el sistema de alimentación.



. El flujo de metal turbulento podría causar un aumento del área a ser expuesta al aire, y así un aumento de la oxidación del metal. Esos óxidos pueden subir a la parte superior de la pieza fundida y formar una superficie áspera o pueden quedar atrapados en la pieza y así crearse imperfecciones. El flujo turbulento también puede causar la erosión del molde de arena. A continuación, se muestra una lista típica de reglas a tener en cuenta al realizar el diseño del tragadero:

1 El tragadero debe, por su tamaño, limitar la velocidad del flujo de metal fundido. Si el tragadero es alto, la velocidad del flujo del metal fundido, será alta. La alta velocidad del flujo del metal causa problemas de escoria.

2. El tamaño del tragadero fija la proporción de flujo. En otras palabras, la cantidad de metal fundido que puede alimentarse a la cavidad del molde en un período de tiempo dado está limitado por el tamaño del tragadero (área de la sección transversal).

3. Los tragaderos de sección transversal rectangulares son mejores que los redondos de igual sección transversal, ya que la velocidad crítica para la turbulencia es mucho menor para las secciones redondas. Además, la tendencia a la formación de remolinos en un tragadero con sección transversal redonda es más alta.

4. Los tragaderos deben ser de tamaños y formas estandarizadas. Se estudiaron los tragaderos de formas rectangular y redondo con áreas en la sección transversal que van de (1.27 - 3.81) cm². Generalmente, se usan los tragaderos rectangulares para evitar los problemas del remolino. Sin embargo, tragaderos redondos con pequeñas alturas y radios no causan problemas de remolinos, es más fácil hacerlos y, así, es más barato para las piezas fundidas pequeñas.

5. Si la velocidad del flujo del metal es conocida, entonces el área de salida del tragadero se puede calcular usando la fórmula siguiente:

$$A = \frac{Q}{w\sqrt{2gh}} \quad (1)$$



Donde Q: es la velocidad del flujo,

w: es el peso específico de metal

A: Área de la sección transversal

g: La aceleración gravitatoria

h: altura vertical de metal fundido en el tragadero.

6. La altura del tragadero es determinada por la pieza fundida y la altura de la mazota.

7. El tragadero debe alimentar dentro de un área de tamaño normal estándar para reducir la energía cinética del metal fundido.

8. Los filtros/enrejados estándar deben ser colocados a la salida de la corriente de metal que fluye dentro del canal escoriador. Se desea disminuir el número total de filtros por pieza fundida.

9. El tragadero debe localizarse tan lejos de los alimentadores como sea posible. A menudo, el flujo que sale de la caja del tragadero es turbulento; un camino más largo y un filtro permiten al flujo hacerse más laminar antes de que alcance el primer alimentador.

10. Los tragaderos deben localizarse centralmente en el canal escoriador, con un número igual de alimentadores en cada lado.

11. Los tamaños extremos deben ser (1.27 -0.48) cm para “las piezas fundidas pequeñas” y (2.54-10.16) cm para “tableros grandes delgados

. 12. Usando un tragadero cónico resulta en un tragadero de menor altura que cuando el tragadero no es cónico, mientras conserva la misma proporción de flujo.



13. El tragadero debe tener una conicidad de aproximadamente 5% como mínimo para evitar la aspiración del aire en la caída libre del metal. Se sugiere que un tragadero cónico ideal de 25.4 cm y área de la salida 1.90 cm^2 debe tener un el área de entrada de 5.16 cm^2 del fondo de la cubeta del tragadero y 23.01 cm^2 de la punta del tragadero. Si la longitud del tragadero es 15,24 cm, el área de la entrada para el fondo de la cubeta del tragadero y la punta del tragadero debe ser de (4.52 - 18.4) cm^2 , respectivamente. Los perfiles para el tragadero, no son lineales. El primero tiene una inclinación media de 14% aproximadamente con una inclinación mínima de 4% en el fondo del tragadero y una inclinación máxima de 48% en la punta. El segundo tiene una inclinación cambiante de 6% a 39% con una inclinación media de 17%.

14. El tragadero puede hacerse más cónico de lo requerido para proporcionar un factor de seguridad para la aspiración de aire.

15. Al tragadero rectangular de longitud menor de 12.7 cm se le puede dar una conicidad inversa pequeña para facilitar el moldeo.

16. El área del pozo de la caja del tragadero es de dos a tres veces el área de salida del tragadero.

17. El pozo es aproximadamente 1.27 cm más profundo que el canal escoriador.

18. Los pozos de los tragaderos en el caso de los aceros se construyen con un material diferente que el usado en el molde para obtener una resistencia más alta a la erosión, ladrillos de arcilla, arena con alta proporción de harina de sílice (marshale-sa), cemento de alta proporción de alúmina.

19. En caso de que se detecten inyecciones frías o los detalles finos de la pieza no se llenan adecuadamente, la sección transversal del tragadero puede ser aumentada. (Medina, 2013)



1.4.4 Recomendaciones para el canal escariador. en fundiciones de bronce

1. Evitar el uso de canales escoriadores curvados.
2. Si son necesarios los canales escoriadores curvados, localice los alimentadores tan lejos como sea posible de la sección curvada.
3. Evita el uso de canales escoriadores escalonados.
4. Para los sistemas alimentador-canal escoriador use canales escoriadores altos, estrechos. Una proporción altura-ancho de 2:1 es razonable.

1.4.5 Recomendaciones para el diseño del alimentador.

1. Si múltiples e idénticas piezas son fundidas en el mismo molde, todos los alimentadores de ellas serán iguales.
2. La longitud mínima del alimentador debe ser cinco veces el espesor del alimentador.
3. Espesores recomendados de los alimentadores pueden determinarse para una temperatura dada de vertido usando una temperatura dada de vertido.
4. Diseño del sistema de alimentación

El diseño del sistema de alimentación para la obtención de piezas debe ser óptimo. Se inicia con el cálculo del área mínima del sistema de alimentación utilizando la ecuación (1.1) recomendada por(Pérez. & Reina, 1991).

$$\sum F_{alimentadores} = \frac{K M_{psa} G \sqrt{H_m}}{\mu T_v^{0,31}} \quad (2.)$$

Dónde:

M_{psa}: Masa de la pieza en kg.

K: Coeficiente que incluye la pérdida del metal en el sistema de alimentación y mazarotas se determina por la Tabla 3.



Tv: Tiempo de vertido en segundos.

Hm: Presión metalostática media.

μ : Coeficiente que incluye la resistencia del sistema de alimentación al paso de metal y se determina por la Tabla 4.

Tabla 3 Coeficiente K(Navas, 1990)

Fundición Gris	Fundición	Acero
1.21	1.21	1.4

Tabla 4 Coeficiente de resistencia del sistema de alimentación al paso de metal (μ). (Navas, 1990)

Carácter del molde	Alto	Medio	Bajo
Húmedo	0,25	0,32	0,42
Seco	0,30	0,38	0,50

La presión metalostática (Hm) se determina por la expresión (3).

$$Hm = Ho - \frac{C}{2} \quad (3)$$



Dónde: C: Altura total de la colada según la elección del plano divisor; Ho: Altura de la caja superior (Figura 6).

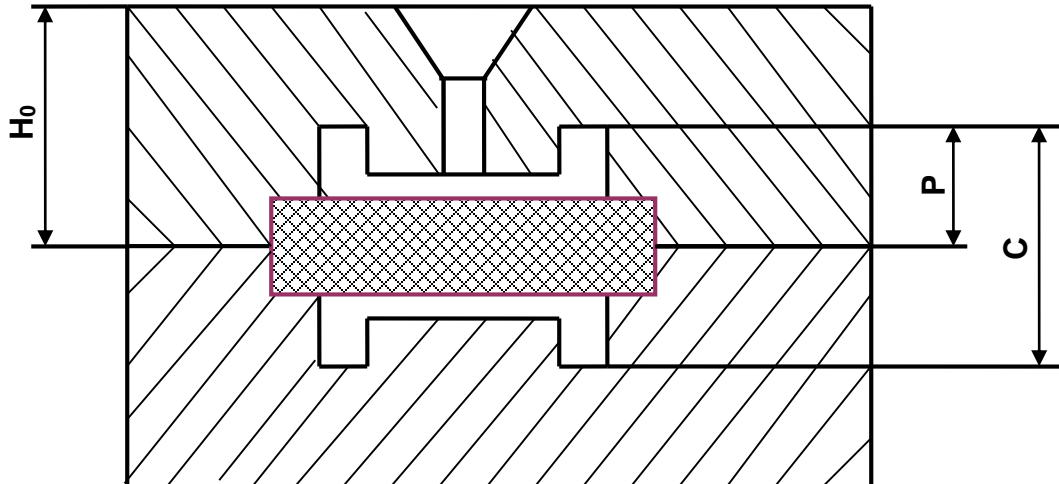


Figura 6 Valores de Ho P y C.(Navas, 1990)

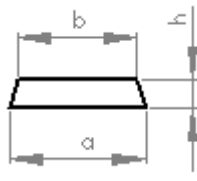
Para evitar la introducción de escoria e inclusiones a la pieza, se establece una relación de los componentes del sistema de alimentación que cada elemento siguiente es 12% mayor que el anterior. De esta forma se logra que en cada elemento siguiente tenga mayor altura que el anterior. De esta forma, durante el flujo de metal quedan atrapadas las suciedades en la parte superior de la sección, evitando así su paso a la parte posterior y así sucesivamente va sirviendo de trampa hasta lograr una pieza limpia (4).

F alimentadores: F escariador: F salida de la cámara: F conexión con cámara: F trag.

$$1: 1.12: 1.134: 1.136: 1.1363 \quad (4)$$

Una vez calculada el área del alimentador, se escoge la forma geométrica en la Tabla 5. La cantidad de alimentadores son determinantes en el llenado del molde y se determinan según la Tabla 6.

Tabla 5 Dimensiones de los alimentadores (mm).(Navas, 1990)

Área de sección (cm ²)										
	3		5		8		12		16	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
0.3	11	9	7	5	-	-	-	-	-	-
0.5	18	16	11	9	8	5	-	-	-	-
0.7	25	22	16	12	10	8	-	-	-	-
0.9	31	29	19	17	12	10	-	-	-	-
1.0	35	32	21	19	13	10	-	-	-	-
1.2	41	39	25	22	15	12	-	-	-	-
1.4	48	45	29	26	18	15	12	9	-	-
1.8	61	59	37	34	22	19	15	12	12	9
2.2	75	72	45	42	31	25	19	16	15	12
2.5	85	82	51	49	31	28	21	18	16	13
3.0	95	92	57	54	39	36	25	22	19	16

Para elegir el área de los escariadores se tiene que analizar la posición y cantidad de piezas en el molde. Es indispensable seguir las orientaciones de la Figura 7 al colocar las piezas en el molde.

El valor de a (mm) se recomienda:

- Para cajas pequeñas, entre (25 – 30) mm.
- Para cajas medias, entre (50 – 75) mm

— Para cajas pequeñas, entre (100 – 150) mm

Tabla 6 Características de los alimentadores(Navas, 1990)

Peso de la pieza (kg)	Alimentadores		Espesor de las paredes de la pieza(mm)				
	Área F (mm)	Longitud (mm)	3-5	5-8	8-10	10-15	15-20
			Cantidad de alimentadores				
0 - 0.5	0.4 - 0.56	10 - 15	1	1	1	1	1
0.5 - 1	0.56 - 0.7	15 - 20	1	1	1	1	1
1 - 3	0.7 - 0.9	20 - 25	1	1	1	1	1
3 - 5	0.9 - 1.0	25 - 30	2	2	1	1	1
5 - 10	1.0 - 1.1	25 - 30	3	3	3	2	2
10 - 15	1.1 - 1.3	25 - 30	3	2	2	2	2
15 - 20	1.3 - 1.5	25 - 30	-	4	4	3	3
20 - 30	1.5 - 1.6	30 - 35	-	4	4	3	3
30 - 40	1.6 - 1.7	30 - 35	-	5	4	3	3
40 - 60	1.7 - 1.8	30 - 35	-	5	4	4	3
60 - 100	1.8 - 1.9	30 - 35	-	6	5	5	4
100 - 150	1.9 - 2.0	40 - 45	-	7	7	6	5
150 - 200	2.0 - 2.2	40 - 50	-	7	7	6	5
200 - 250	2.2 - 2.3	45 - 50	-	-	7	6	6
250 - 300	2.3 - 2.4	45 - 50	-	-	8	8	7
300 - 350	2.4 - 2.5	45 - 50	-	-	9	8	7
350 -	2.5 - 2.6	50 -	-	-	-	8	7



400		55					
400 - 500	2.6 – 2.7	50 - 55	-	-	-	8	7
500 - 600	2.7 – 2.8	50 - 50	-	-	-	8	7
600 - 700	2.8 – 2.9	50 - 55	-	-	-	9	8
700 - 800	2.9 – 3.0	50 - 55	-	-	-	9	8
800 - 900	3.0 – 3.1	50 - 50	-	-	-	-	9
900- 1000	3.2 – 3.4	50 - 50	-	-	-	-	9
+ 1000	3.2 – 3.4	50 - 50	-	-	-	-	10

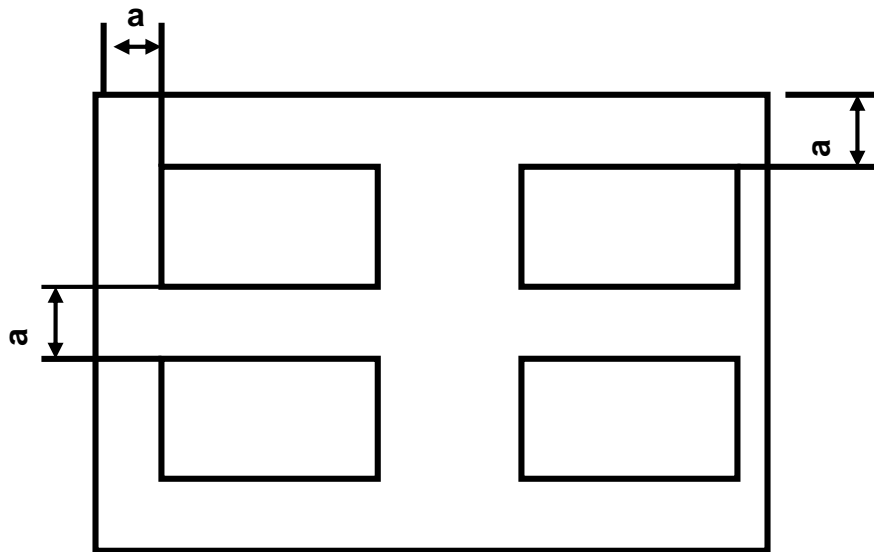


Figura 7 Posición de la pieza en el molde(Navas, 1990).

La dimensión a (mm) debe guardar la relación expresada por (5).

$$a > \frac{h}{2} + 10 \quad (5)$$

Dónde: a: distancia pieza – caja o pieza – molde; h: altura de la pieza en el semi-molde.

La sección del escoriador se define por la expresión (6).

$$F_{escariador} = n F_{alimentadores} \quad 1,12 \quad (6)$$

Una vez obtenido el resultado, se buscan los valores en la Tabla 7. A continuación se calcula el área de la salida y conexión con la cámara de reacción según las expresiones (7 y 8) y se escoge la forma geométrica en la Tabla 8.

$$F_{camara} = n F_{alimentadores} \quad 1,36 \quad (7)$$

$$F_{conexion} = n F_{alimentadores} \quad 1,136 \quad (8)$$

Tabla 7 . Secciones típicas del escariador(Navas, 1990)

Área (cm ²)	Dimensiones (mm)								
	h = a			h = 1.25 a			h = 1.5 a		
	a	b	h	a	b	h	a	b	h
1.0	11	8	11	-	-	-	-	-	-
1.3	12	10	12	11	8	14	-	-	-
1.6	14	10	14	12	9	15	11	7	17
2.0	15	12	15	14	10	17	12	8	20
2.5	16	13	17	15	11	19	14	10	21

3.15	18	14	19	16	12	21	15	11	23
4.0	22	18	21	18	13	25	18	15	26
5.0	24	19	24	22	16	27	20	14	30
6.3	26	20	27	24	18	30	23	16	34
8.0	30	27	30	26	19	35	24	17	38
10.0	34	28	33	30	22	38	28	20	42
12.5	38	30	37	34	26	43	30	22	47
16.0	42	34	42	38	29	48	36	25	54
20.0	48	38	47	42	32	53	40	28	60
25.0	52	42	53	48	36	60	44	32	66
31.5	60	48	59	52	40	66	50	35	75
40.0	66	52	67	60	45	77	56	39	84

El área del tragadero regula la efectividad del llenado de los moldes y el resultado de la obtención de la estructura esferoidal y se determina para dos casos.

- a) En el molde se tiene un solo tipo de pieza (o piezas diferentes con la misma masa), y se determina según la expresión (9).

$$F_{tragadero} = \alpha F_{alimentadores} 1,136 \quad (9)$$

Dónde: a: cantidad de piezas en el molde; R: relación escogida según el caso.



Tabla 8 Dimensiones de la salida y conexión con la cámara (mm).(G.E.Belay et al., 1970)

Área (cm ²)	Dimensión (mm)				Área (cm ²)	Dimensión (mm)			
	a	b	h	r		a	B	h	r
1.0	15.0	12.0	7.5	5	7.5	40	34.0	20.0	5
1.5	18.0	15.5	9.0	5	8.0	42.0	35.0	21.0	5
2.0	22.0	18.0	10.0	5	8.5	43.0	37.0	21.5	5
2.5	24.0	20.0	11.5	5	9.0	44.0	38.0	22.0	5
3.0	26.0	22.0	13.0	5	10.0	46.0	40.0	23.0	6
3.5	28.0	23.0	14.0	5	11.0	48.0	43.0	24.0	6
4.0	30.0	24.0	15.0	5	12.5	52.0	46.0	26.0	6
4.5	31.0	28.0	15.5	5	15.0	57.0	49.0	28.5	6
5.0	33.0	28.0	17.0	5	17.5	61.0	55.0	30.5	8
5.5	35.0	29.0	17.5	5	20.0	65.0	59.0	32.5	8
6.0	36.0	31.0	18.0	5	22.5	70.0	60.0	35.0	8
6.5	37.0	32.0	19.0	5	25.0	72.0	64.0	36.0	8
7.0	38.0	33.0	19.5	5	30.0	80.0	70.0	40.0	8

Determinada el área del tragadero, se calcula el diámetro (D_{tr}) según la expresión (10).

$$D_{tr} = 2 \frac{\sqrt{F_t}}{\pi} \quad (10)$$

Dónde: Ft: sección del tragadero (cm²).

- b) En el molde se vierten diferentes piezas con diferentes masas, entonces se expresa por la ecuación (11).

$$F_{tragadero} = (\alpha F_{alimentadores} + b F_{alimentadores} + F_n)1,136 \quad (11)$$

Dónde: a, b, c: cantidad de piezas de masas iguales que alimenta una sección del escoriador.

La taza de vertido garantiza el llenado continuo del tragadero y se obtiene por la relación (12) y (13).

$$D_b = 3 D_{tr} \quad (12)$$

$$H_b = D_b \quad (13)$$

Las dimensiones del tragadero, fondo del tragadero y la cazuela se seleccionan de la Tabla11

1.5. . Conclusiones parciales

- No existen referencias específicas sobre la producción de fundidos de metales ferrosos y no ferrosos mediante el sistema de moldeo hembrado, bajo las condiciones específicas de la industria siderúrgica cubana.
- Debido a las ventajas que posee la aplicación del sistema de moldeo hembrado para la producción de fundidos de metales ferrosos y no ferrosos, bajo las características específicas de la EMH, se entiende que este es el idóneo para su introducción en la industria.



Capítulo II PROCESO TECNOLÓGICO DE FABRICACIÓN.

En el capítulo se exponen las características principales de la metodología para cálculo de los parámetros en la obtención de fundidos por el método “Moldeo Hembrado” para la Empresa Mecánica de Holguín (EMH). Se enumeran los diferentes componentes y versatilidades que componen la metodología.

2.1 Caracterización de la pieza

La pieza a fundir es la conexión hidráulica madre de la distribución de agua del municipio de Holguín, a partir de ser tratada en el filtro de Alcides Pino. Tiene como código EMH-TF-CHM-00-50 (Figura 8), la cual posee forma de yaquis con una altura igual al ancho de 880 mm y cada prolongación posee un diámetro interior de 406,4 mm y un diámetro exterior de 446,4 mm.

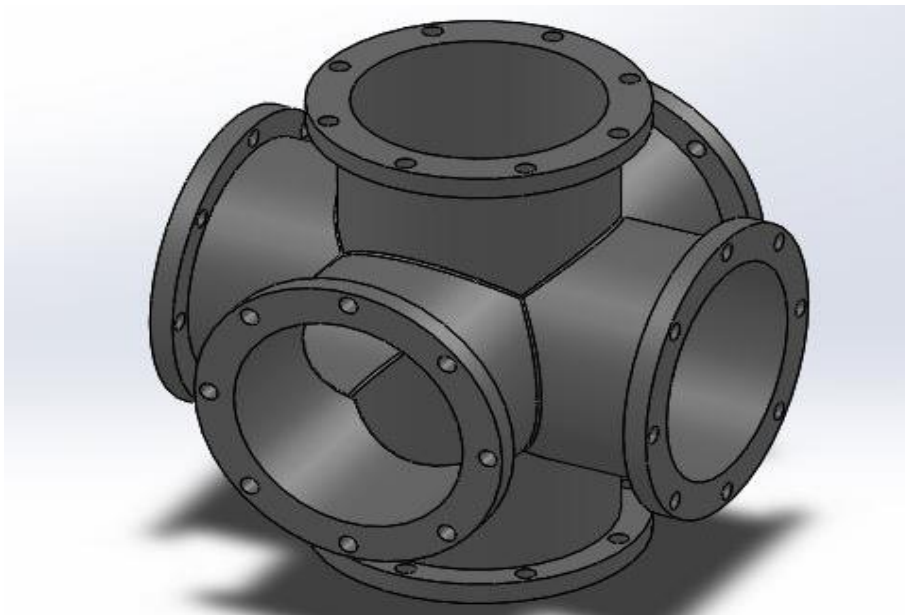


Figura 8 Modelo en SolidWorks de la pieza.

Esta pieza se une a la tubería mediante 8 pernos M32, los cuales garantizan su correcto hermetizado, logrando que no posea fugas al medio ambiente. La Empresa de Acueducto y Alcantarillado a nivel Nacional tiene una demanda anual de 325 piezas de este código.

La determinación de la masa se usó el paquete de Diseño Asistido por Computadora (CAD) SolidWorks 2016; en el que se diseñó la pieza. Según las medidas obtenidas, se empleó el material seleccionado y se determinaron las propiedades físicas siguientes:


- Masa: 505,56 kg
- Densidad: $8800 \text{ kg/ m}^3 = 8,8 \text{ g/cm}^3$
- Volumen: $0,057 \text{ m}^3 = 57449854,14 \text{ mm}^3$
- Área de superficie: $5,11 \text{ m}^2 = 5107861,88 \text{ mm}^2$

2.2 Ruta tecnológica para las operaciones de los diferentes procesos de fabricación.

En cualquier proceso de fabricación, el material sigue una ruta tecnológica, que guía su trayecto por cada una de las operaciones a las que se debe someter para lograr obtener el producto final.



Tabla 9 Carta Tecnológica de Fundición.

		Sistema Integrado de Gestión		R 07- 37	
		Registro Tecnológico de Fundición		Carta de	
				Versión: 1	
				Página (1) de (1)	
Conexión hidráulica DEL FILTRO DE ALCIDES PINO					
Código Pieza					
EMH-TF-CHM-00-50		Denominación		Aleación	
Peso Unitario		conexión hidráulica del filtro de Alcides Pino		ISO 400-12	
	Cant. x Molde	Peso Total Pieza	Peso Metal	Total	Rendimiento %
PRE-PARACIÓN DEL MOLDE	1	505,56 kg	560 kg		30%
Tipo Moldeo					
Manual	Tipo Mezcla	Complejidad	Tiempo de Moldeo (s)	Peso Mezcla (kg)	
Código Pieza	Verde	Opera. Met. A			
	Denominación		Dimensiones (mm)	Observaciones	
	Caja de moldeo superior		1300 x 1300 x 600		
	Caja de moldeo inferior		1300 x 1300 x 600		
	Juego de modelos		1		
	Sistema de alimentación		1		
	Tragadero				

	Guías de Ensamblaje	Si			
	Grampas de Sujeción	Si			
VERTIDO					
Temperatura de Vertido	Tiempo Vertido	Capacidad del Cubo	Permanencia hasta Desmoldeo		
1425 °C	6,61 s	30 m ³	2 h		
Método vibratorio					
	Tiempo				
	2 h				
ACABADO					
Separación de Alimentación	Sistema Limpieza	Esmerilado	Recuperación		
Golpes o Sinfín	Cepillo de Acero	Muelas Abrasivas y Disco	Resinas		
TRATAMIENTO TÉRMICO		No			
ORDEN DE LAS OPERACIONES TECNOLÓGICAS					
No.	Descripción de la Operación	Calif. Operario	Equipo a utilizar	Tiempo (h)	Ene (kW)
1	Fragmentación de chatarra	Op Met	Grúa electroimán (Pera)	0,18	38,0
2	Mezclado	Op Met	Mezcladora 114 - M	0,40	42,2
3	Transporte de la mezcla	Ayudante	Cinta Transportadora (1K, 2K, 3K)	0,07	10



4	Separación electromagnética	Ayudante		0,04	38,3
5	Alimentación de mezcla	Op Met	Tolva con cargador KM - 10	0,08	1,8
6	Pisón neumático	Op Met	Compresor de Aire	0,5	75,0
7	Preparación de Carga	Op Met	Manual	0,1	
8	Fusión	Op Met		0,20	75,0
9	Transporte y vertido	Op Met	Grúa Sub colgada KME - 3,2	0,30	8,0
10	Desmoldeo por vibración	Op Met	Criba Vibratoria PC - 1500	0,07	3,0
11	Separación del sistema de alimentación	Ayudante	Sinfín	0,08	4,5
12	Limpieza	Aux A	Manual	0,12	
13	Esmerilado	Pulidor A	Muela Abrasiva Estacionaria y Disco	0,08	5,5
Observaciones					



Confecciono	Firma	Fecha	Aprobó	Firma	Fecha

2.3 Secuencia tecnológica de fabricación.

Para proyectar correctamente la tecnología de producción de una pieza fundida hay que tener en consideración las siguientes etapas:

1. Decretar la posición de la pieza en el molde durante el llenado.
2. Determinar el plano divisor del molde y de la plantilla.
3. las sobremedidas de maquinado.
4. Establecer las inclinaciones de salida en caso que no lo tenga la pieza por diseño.
5. Realizar el diseño en SolidWorks de la pieza fundida.
6. Determinar la posición de los machos y calcular las dimensiones de las portadas.
7. Efectuar los cálculos y esbozar en el dibujo técnico, los elementos del sistema de alimentación, mazarota, etc.
8. Ejecutar los cálculos de la carga según la aleación determinada.
9. Seleccionar las recetas de mezclas de moldeo y para machos.
10. Cometer el moldeo, vertido, desmoldeo y limpieza de las piezas.
11. Efectuar el control de la calidad.

2.3.1 Medidas de seguridad para los procesos de fabricación.

-Se prohíbe el uso de las herramientas de trabajo por personas no autorizadas o menores de edad.

-Para realizar cualquier ajuste en los parámetros de las máquinas los motores deben de estar apagados.



- Se recomienda el uso de guantes y mangas largas a la hora de trabajar con las herramientas.
- No deben existir en la zona de trabajo objetos o derrames que puedan ocasionar una caída.
- Se impide que trabajen personas bajo los efectos de bebidas alcohólicas o medicamentos que disminuyan la atención hacia la tarea a realizar en ese momento.
- Se prohíbe a los obreros el trabajo dentro de la fábrica sin casco. ("Manual de seguridad y salud en el trabajo ", 2022)

2.3.2 Tecnología del molde

Se determina la posición de la pieza en el molde

En la Fig. 9 se muestra la posición de la pieza en el molde, teniendo en cuenta que es una pieza simétrica el plano divisorio es un eje central que corta la pieza en dos partes iguales

En el próximo punto serán nuevamente mencionados y desglosados estos pasos tecnológicos de forma tal que se irán explicando paso por paso con sus respectivos cálculos.

Paso # 1: Determinar la posición de la pieza en el molde durante el llenado. Esta etapa define la posición en que se debe colocar la pieza en el molde para su fabricación. Para ubicar correctamente la pieza en el molde se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

La mayor parte o toda la pieza debe quedar en una de las dos cajas preferentemente en la parte Inferior. La posición de la pieza debe corresponder con los principios de la solidificación dirigida, de manera que se eviten los defectos por contracción. La posición de la pieza debe asegurar la salida de los gases, que las zonas maquinadas queden principalmente en la parte inferior, así como el plano divisor elegido facilite la extracción del modelo, comodidad del apisonado. (G.E.Belay et al., 1970)



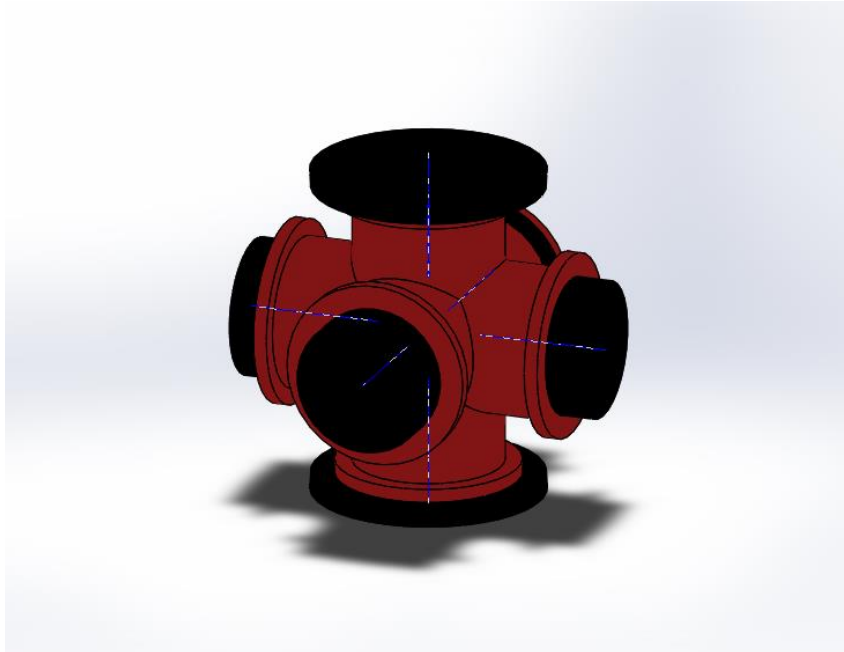


Figura 9 .Modelo Con Printer de la Conexión Hidráulica.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriores y observando las características de la pieza se decide implementar la posición vista en la Fig.10. Se comprende además que producto a la simetría de la pieza y sus formas cilíndricas no representa una gran complejidad en la colocación de la misma.

Paso # 2: Determinar el plano divisorio del molde y el moldeo donde se tuvo en cuenta colocar la pieza de la mejor manera en caja de moldeo y de esta forma el plano elegido facilite la extracción de la pieza del molde, la salida de los gases, comodidad del apisonado y acabado primario con los nudos térmicos.

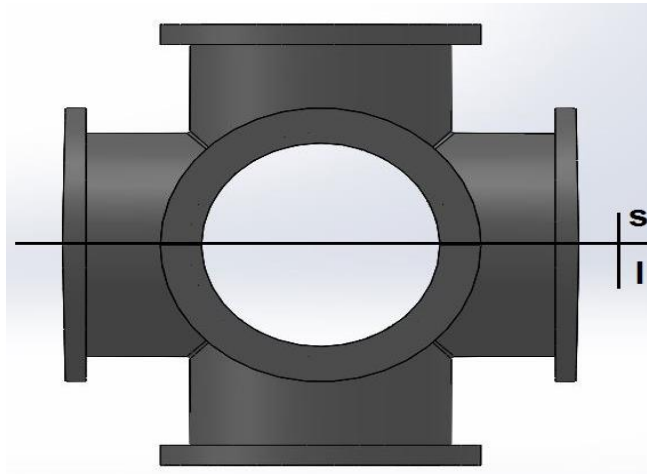


Figura 10 .Plano divisorio de la pieza

La variante escogida se justifica en las siguientes razones:

1. Facilidad en el moldeo y desmoldeo.
2. Posibilidad de escape de los gases.
3. Pocas partes sueltas.
4. Cumple el requisito entre la distancia de pieza y molde.
5. Comodidad para la ubicación del macho.
6. Cumple el principio de solidificación dirigida.(Navas, 1990)

Paso # 3: Determinar las inclinaciones de salida.

Estas se dan con el objetivo de poder extraer la plantilla o modelo, del molde, fácilmente y sin que este se destruya. En caso que la pieza traiga en su diseño constructivo las inclinaciones se debe aclarar simplemente que la dirección de la inclinación se hará en el sentido que facilite la extracción, en dependencia de la dirección en que se va a extraer el modelo. Estas inclinaciones se cumplen tanto para la caja superior como la inferior. Para ello recurrir a la **tabla 13 (Navas, 1990)**

SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 10

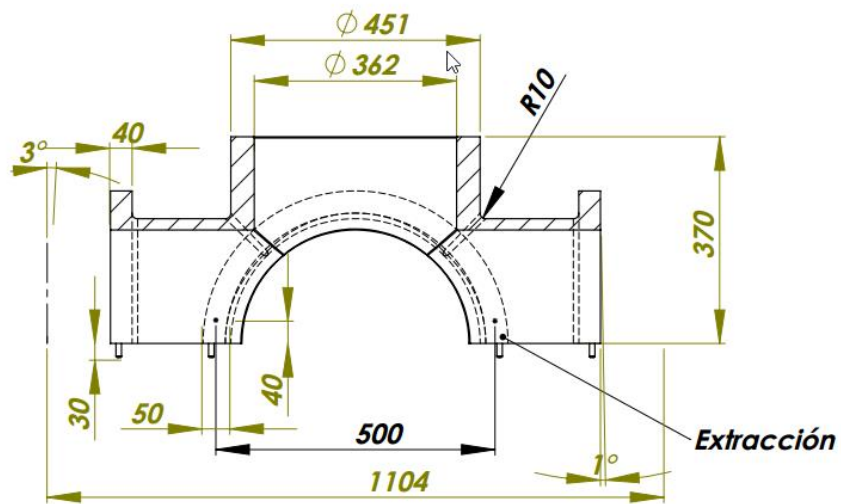


Figura 11 .Modelo superior de la caja de macho.

Paso # 4: Determinar las sobre medidas del maquinado, esta consiste en determinar según la precisión de la producción y su masividad, la confección de la plantilla y el material de la misma, dimensión básica, dimensión determinante y la posición de las superficies maquinadas en relación con el vertido.

La dimensión determinante y la dimensión básica, determinan conjuntamente los valores de las sobremedidas de maquinado. La dimensión básica (Z) es la que determina la magnitud de la sobremedidas para maquinado adoptándose como tal la distancia entre las superficies maquinadas o la distancia entre la superficie maquinada y una línea de referencia paralela a ella. La dimensión básica para las superficies maquinadas paralelas es la distancia entre las dos superficies maquinadas más alejadas. Las medidas de maquinado se representan de la siguiente forma:

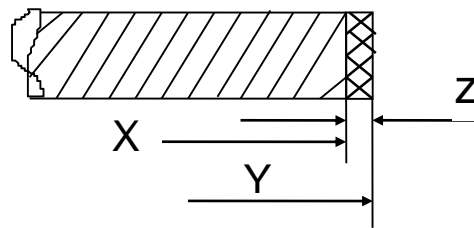


Figura 12. Representación de las áreas para maquinado. (Navas, 1990)

Donde:

X - Medida establecida en el diseño de la pieza terminada.

Y - Medida alterada al adicionársele la sobre medida de maquinado.

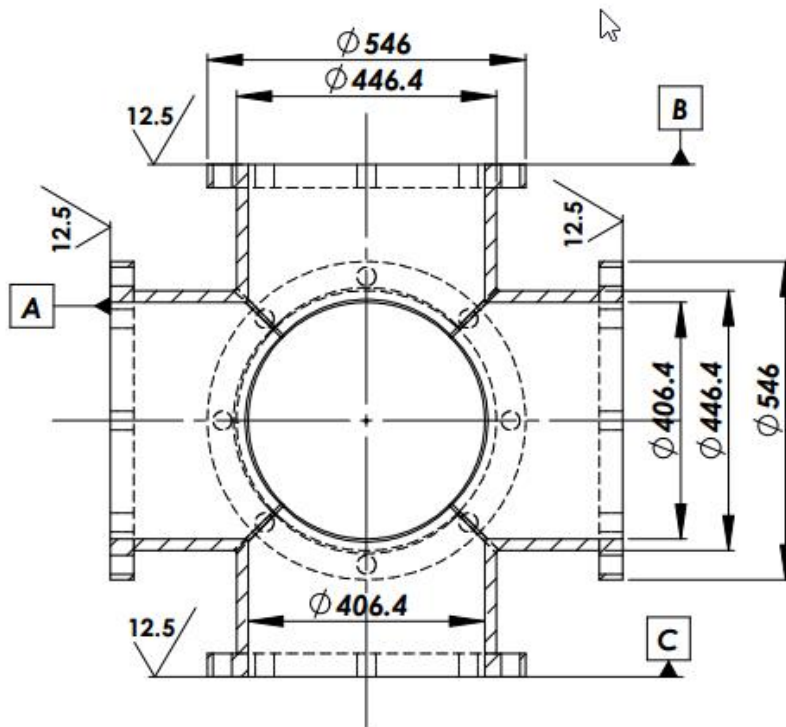
Z - Valor de la sobremedidas de maquinado.

Se le va aplicar maquinado a las superficies **A**, **B** y **C** por lo tanto las sobre medidas se ubican de la siguiente forma:

-La dimensión básica para la superficie **A** es la distancia ente el borde exterior e interior de las platinas laterales, es decir 42 (mm).

-La dimensión básica para la superficie **B** la distancia que existe entre la parte superior e inferior de la platina superior DE 43 mm

-La dimensión básica para la superficie **C** es de 42 mm.



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 10

Figura 13 Sobremedidas de maquinado de la pieza

En lo anteriormente planteado tendremos en consideración que las superficies **A**, **B** y **C** y son iguales para ambas platinas simétricas con respecto al eje del cuello del cuerpo.

Se obtiene como resultado las siguientes sobre medidas:

Tabla 10 .Superficies a maquinar.

Superficie	Dimensión Básica (mm)	Dimensión Determinante (mm)	Sobremedidas del Maquinado (mm)
A	42	546	2
B	43	546	3
C	42	546	2

Paso # 5: Diseño de la pieza fundida. En esta se muestra la pieza que no es más que el (la pieza en bruto), es decir la pieza que se obtiene luego de la extracción del molde sin darle un acabado concluyente solo indicando las medidas establecidas para el maquinado. La cual se realizó en la herramienta *SolidWorks* se encuentra anexada en el presente.

Paso # 6: Determinar la posición de los machos y el cálculo de las dimensiones de las portadas de los machos.

Los machos en la mayoría de los casos están compuestos por dos partes principales, el cuerpo; que es la parte del macho que copiara la configuración que se quiere obtener en la pieza y las portadas (esprínter) que son la parte salientes de apoyo de los machos que no entran en contacto con el metal líquido. (G.E.Belay et al., 1970)

Tomando en cuenta las características de geométricas de la pieza se precede a elaborar una caja para macho de la siguiente manera:

Largo de la pieza 800 mm. Diámetro: 400 mm.

Largo del macho en la dirección Y 1260 mm.

Utilizando la **tabla 9** (MEDINA, 1990) obtenemos:

Portadas:

Para la superficie diametral **230/140** de donde escogemos 230 para los cuatro lados. Aplicamos también la reducción de portada para machos de varios apoyos (30 - 50) %.

Luego por la **tabla 11** la inclinación de las portadas para machos. (MEDINA, 1990). Tenemos que:



Siendo $h_1 = 200$ mm Inclinación inferior $5^\circ 45'$ e inclinación superior 6° .

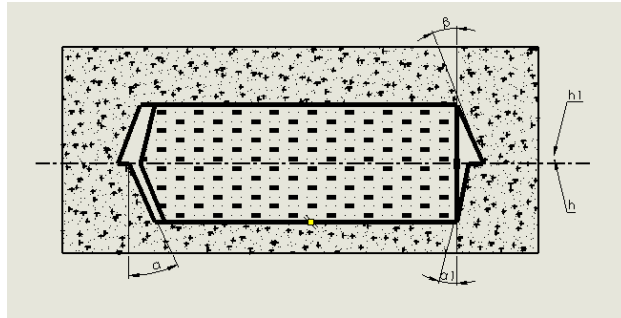


Figura 1. Inclinación de las portadas para machos.(Navas, 1990)

Juegos entre las portadas de las plantillas y las portadas del macho. Por la **tabla 12** (MEDINA, 1990).

Siendo $l_1 = 1260$ mm y $h_1 = 200$ mm

El juego $S_2 = (0,1,2-1,5)$ mm $S_1 = (1,8-2,)$ mm

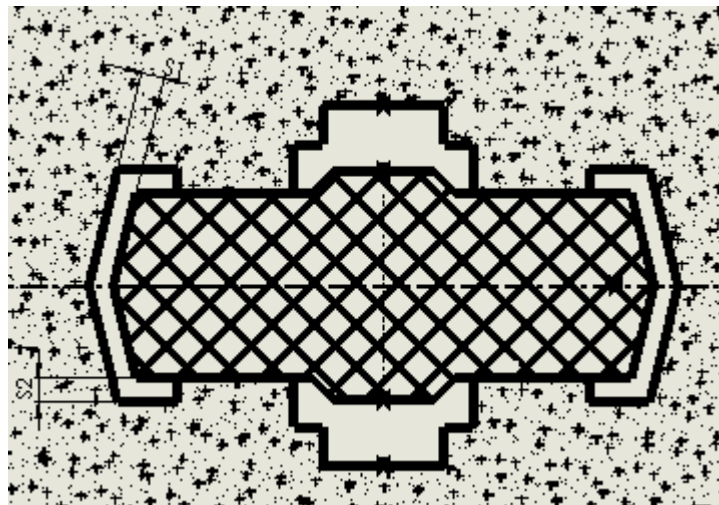


Figura 2. Juegos entre las portadas. (Navas, 1990)

Paso # 7: Realización de los cálculos.

Cálculo del sistema de alimentación:

Recomendaciones a tener en cuenta para el cálculo del sistema de alimentación para piezas fundidas:

La tecnología de elaboración de la pieza, el tecnólogo –fundidor debe elegir el método de suministro de la masa fundida al molde y determinar las dimensiones de los elementos del sistema de alimentación. Lo último adquiere gran importancia, puesto que el sistema de alimentación ejerce una influencia directa en la calidad de la pieza y además el gasto de metal para el sistema de alimentación en dependencia de la masa de la pieza puede ser grande.

Funciones elementales del sistema de alimentación:

1. Garantizar el llenado del molde sin turbulencia.
2. Garantizar que no penetren al molde las partículas de escoria.
3. Eliminar los sobrecalentamientos locales.
4. El flujo del metal no debe destruir ni el molde ni el macho. Los elementos del sistema de alimentación no deben frenar la contracción libre.

Para aleaciones del cobre como lo es el bronce el sistema debe cumplir las siguientes características :(Guía tecnológica de fundición 1970)

- Que el metal llegue a la cavidad del molde suavemente, sin salpicaduras
- La diferencia de temperatura entre las diferentes partes de la pieza debe de ser la mínima
- El molde debe de llenarse bien con el metal liquido
- El gas que se forma en el limite del metal liquido no debe de entrar a la pieza fundida

$$F = \frac{G}{\mu T v \eta \sqrt{2 g H c}} \quad (14)$$

Donde :



ΣF_{alim} : Área de la sección transversal del alimentador. (cm^2)

D: Peso específico del metal líquido (kg/cm^3)

G: Peso de la pieza (kg).

μ : Encierra las pérdidas por rozamiento al desplazarse el metal líquido por las cavidades interiores del molde.

Tv: Tiempo de vertido (s).

Hm: Presión metalostática(cm).

g: Gravedad de la tierra cm/s^2

Cálculo de la masa:

Para el cálculo de la masa necesitamos calcular el volumen de la pieza de la pieza en bruto debido a su complejidad geométrica nos apoyamos en la herramienta *SolidWorks* para su cálculo.

Donde obtenemos que el volumen de la pieza en bruto es igual:

$$V_t = 57449854,14 \text{ mm}^3 \quad (15)$$

$$G = V \rho \quad (16)$$

$$G = 57449854,14 \text{ mm}^3 \cdot 0,00880 \text{ g/mm}^3$$

$$G = 505,56 \text{ kg}$$

— La masa de la pieza de la pieza en bruto es de 505,56 kg

Cálculo de la presión metalostática:

Para el calcula de la presión metalostática existen 3 fórmulas principales:

$$\text{Al verter con sifón } P = C \quad H_m = H_0 - \frac{C}{2} \quad (17)$$



Al verter por arriba $P = 0$ $H_m = H_0$

Al conducir el metal por la superficie divisoria del modelo a la mitad de la altura de

la pieza o sea $P = C/2$ $H_m = H_0 - \frac{P^2}{2C}$

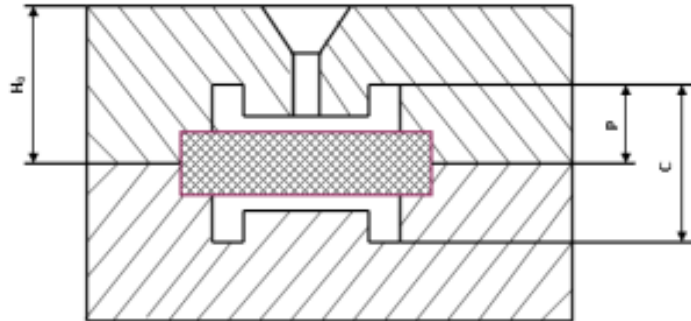


Figura 3. Valores de Ho, P y C(Navas, 1990).

Ho- Es el valor entre el borde del molde y el centro de la pieza a fundir.

P- Es el valor medio de la pieza.

C- Valor total de la pieza.

Para el caso de este proyecto la altura de la caja superior será de $H_0 = 540$ mm, y como el vertido se realizará por el centro de la pieza entre las dos cajas $P = \frac{C}{2}$.

Siendo $C = 880$ mm cajas $P = 440$ mm.

$$H_m = H_0 - \frac{P^2}{2C} \quad (18)$$

$$H_m = 540 \text{ mm} - \frac{(440 \text{ mm})^2}{2(880 \text{ mm})}$$

$$H_m = \left(540 - \frac{193600}{1760} \right) \text{ mm}$$

$$H_m = 430 \text{ mm}$$

$$H_m = 43 \text{ cm}$$

Cálculo del tiempo de vertido:

$$T_v = S \sqrt[3]{G \delta_m} \quad (19)$$

Donde:

S-coeficiente que tiene en cuenta el espesor y la configuración de las paredes. Para el caso de aleaciones de cobre puede ser (2-2,1).

δ_m - espesor predominante de la pared de la pieza (mm)

G-masa de la pieza (kg)

Para extraer de la tabla el valor de S se necesita conocer el espesor medio de las paredes (δ) que se calcula sumando todos los espesores predominantes y dividiéndolos por la cantidad de los mismos. Este análisis se realizó con el *SolidWorks* obteniendo los siguientes valores que aparecen en la tabla:

$$\delta_m = 22,66 \text{ mm}$$

$$T_v = 2 \sqrt[3]{505,56 \text{ kg}} \cdot 22,66 \text{ mm}$$

$$T_v = 2 \cdot 22,54$$

$$T_v = 45,08 \text{ s}$$

Coefficiente de resistencia del sistema de alimentación al paso del metal μ para piezas grandes de paredes gruesas de 0,7 -0,8 (G.E.Belay et al., 1970)

$$\sum F_{\text{alim}} = \frac{G}{\mu T_v D \sqrt{2 g H c}} \quad (19)$$

$$\sum F_{\text{alim}} = \frac{505,56 \text{ kg}}{0,8 \cdot 45,08 \text{ s} \cdot 0,0088 \text{ kg/cm}^3 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \text{ cm/s}^2} \cdot 43 \text{ cm}}$$

$$\sum F_{\text{alim}} = \frac{505,56 \text{ kg}}{0,32 (\text{kg s}) / \text{cm}^3 \cdot 290,46 \text{ cm/s}}$$

$$\sum F_{\text{alim}} = \frac{505,56 \text{ Kg}}{92,18 \text{ Kg/cm}^2}$$



$$\sum F_{\text{alim}} = 5,48 \text{ cm}^2$$

Para determinar el área del escoriador y del tragadero, nos auxiliamos de la siguiente relación según (G.E.Belay et al., 1970). Teniendo en cuenta que para bronce:

$$F_a: F_{\text{es}}: F_t = 3: 1,2: 2$$

Tenemos que el área de la sección transversal es $5,48 \text{ cm}^2$, luego se escoge la forma geométrica del alimentador a través de la **tabla TSA-17 6-446** para secciones de alimentadores semiesféricos (G.E.Belay et al., 1970)

Obtenemos que el radio es:

$$r = 19 \text{ mm}$$

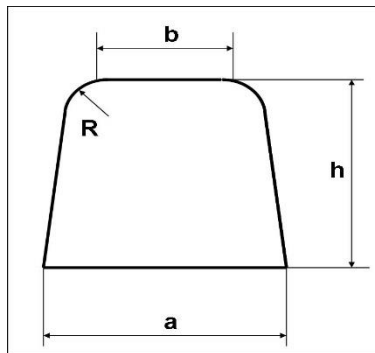


Figura 4. Forma geométrica del alimentador.

$$F_{\text{esc}} = 5,48 \text{ cm}^2 / 3 = 1,83 \text{ cm}^2 \quad 1,2 = 2,19 \text{ cm}^2$$

Luego de la tabla 22 "Secciones típicas de colectores de escoriador (Navas, 1990) se define el área de la sección del escoriador para "h"="a".

a = 16 mm

b = 13 mm

h = 17 mm

Tomamos como radio del canal escoriador

$$r = 12 \text{ mm}$$

Concluimos con el cálculo del diámetro del tragadero que se calcula mediante la siguiente expresión.

$$F_{\text{trag}} = 5,48 \text{ cm}^2 / 3 = 1,83 \text{ cm}^2 \quad 2 = 3,66 \text{ cm}^2 \quad (20)$$

El diámetro del tragadero se calcula:

$$D_{\text{tr}} = 2\sqrt{\frac{F_{\text{t}}}{\pi}} \quad (21)$$

$$D_{\text{tr}} = 2\sqrt{\frac{3,66 \text{ cm}^2}{\pi}}$$

$$D_{\text{tr}} = 2,16 \text{ cm}$$

$$D_{\text{tr}} = 21,60 \text{ mm}$$

La taza de vertido garantiza el llenado continuo del tragadero y se obtiene por la relación:

$$D_b = 3 D_{\text{tr}} = 3 \cdot 21,60 \text{ mm} = 64,76 \text{ mm} \quad (22)$$

La altura de la taza (Hb) es igual al diámetro de la taza, lo que implica que es igual a 64,76 mm. Las dimensiones del tragadero se seleccionan de la tabla 7.



Tabla 11 Dimensiones del tragadero fondo del tragadero y la cazuela.(Navas, 1990)

Ø del Tragadero (mm)	Sección Tragadero (cm ²)	Dimensiones (mm)				
		R	C	r	H	H ₁
30	7,06	17,5	10	6	40	10
35	9,62	20,0	10	6	40	10
50	19,63	29,0	10	10	60	15
55	23,75	32,0	15	10	60	15
60	28,27	35,0	15	15	70	20
40	12,57	22,5	15	8	50	15
45	15,90	25,0	15	10	50	15
70	38,40	40,0	15	15	70	20
80	50,27	47,5	15	15	80	20
90	63,62	55,0	15	15	80	20

OBSERVACIONES: El ángulo de inclinación del tragadero y la cámara de reacción se toma desde 1:250 - 1:300 por cada lado

Cantidad de piezas que entran en el molde:

Para la determinación de la cantidad de piezas que entran en el molde se debe tener en cuenta las dimensiones de la caja de moldeo y las de la pieza. Para este proyecto la caja de moldeo es diseñada de acorde a las dimensiones de la pieza que debido a su peso y dimensiones se establece que será una pieza por caja de moldeo. Para el diseño de la caja de moldeo ha de tenerse en cuenta las dimensiones mínimas que deben existir entre la pieza y la caja.

$$a \geq \frac{h}{2} + 10 \text{ mm} \quad (23)$$

$$a \geq \frac{85 \text{ mm}}{2} + 10 \text{ mm} = 52,5 \text{ mm}$$

Donde:

a - distancia pieza-caja o pieza-molde.

b - altura de la pieza en el semimolde.

Propuesta de la receta de moldeo.

La correcta selección de los materiales de moldeo determina a gran medida la obtención de piezas de buena calidad en los talleres de fundición. La mezcla independientemente de la tecnología que se utiliza debe que se exigen a esta. Para la receta de moldeo nos dirigimos a las páginas 89 y 90(Navas, 1990) aparecen ejemplos de composiciones de mezclas de moldeo con el empleo de materiales, aglutinantes arcillosos; propiedades y características fundamentales de la receta.

Tabla 12. Receta de moldeo.(Navas, 1990)

Receta	Propiedades			Características y Aplicaciones
	Resistencia kg/cm ²		Permeabilidad en verde	
	En verde	En seco		
1	0,3	-	190	Mezcla de cara en verde ,para piezas hasta 1000 kg de acero

No.	Componentes de la mezcla en %									
	Arena nueva	Mezcla de retorno	Bentonita	Arcilla	Humedad	Aditivos				
						Tipo de dextrina	Polvo de carbón	Polvo de madera	Melaza	Otros



7	95,8 (1K016)	-	-	-	3 - 3,5	-0,75	-	-	-	-
---	-----------------	---	---	---	---------	--------------	---	---	---	---

Instrucción tecnológica para la preparación del molde.

Revisar la composición del juego de modelos de acuerdo con la carta del proceso tecnológico de fundición en moldes de arena en verde. Limpiar con estopa el juego de modelos y luego soplar con aire comprimido, colocar el juego de modelos en la plataforma de moldeo de acuerdo con lo establecido en el plano tecnológico, rociar con grafito en polvo la superficie del juego de modelos que estará en contacto con la mezcla de moldeo, colocar la caja de moldeo, cubrir el modelo con mezcla de moldeo única, utilizando un tamiz de malla cuadrada de 5 mm o con mezcla de cara, la capa de mezcla de moldeo de cara no se tamiza y aplicar con un espesor de (20 - 30) mm, apretar con las manos esta capa de mezcla de moldeo en las partes más profundas, rellenar la caja inferior y apisonar con ayuda del pisón neumático hasta lograr que la mezcla apisonada quede rasante a la superficie superior de la caja de moldeo, eliminar la mezcla sobrante que se encuentra por encima de los bordes de la caja de moldeo utilizando una regla metálica o la pala.

Alisar la superficie del semimolde inferior, colocar el tragadero y los modelos de las cámaras de reacción, polvorear la superficie con grafito plateado conjuntamente con la mitad superior del modelo, se coloca la caja superior y a su vez las guías de ensamblaje dentro de los bujes de centrado y añadir una capa de mezcla de moldeo, se aplica con un espesor de (20 a 30) mm, apretar con las manos alrededor del tragadero y las cámaras de reacción, rellenar la caja superior y apisonar con ayuda del pisón neumático, elaborar los canales de ventilación de acuerdo con la documentación tecnológica, extraer el tragadero con ayuda del martillo, levantar el semimolde superior verticalmente y voltearlo 180°.

Diseño de la caja de moldeo.



2.4 Aplicación del moldeo hembrado

El sistema de moldeo hembrado consiste en la inserción de un componente refractario de mezcla cosida exterior, propiciando una disminución de un 50 % del herramental tecnológico (cajas de moldeo), aumentando la eficiencia del mismo.

Con este procedimiento se logra ahorrar el herramental tecnológico, aumentando la producción. Además, disminuye notablemente los volúmenes de mezcla de moldeo, lo que incide positivamente en el crecimiento del rendimiento tecnológico general de la empresa.(R.P. Sánchez-Figueredo, 2012)

Con el objetivo de aumentar la eficiencia del herramental tecnológico, se decidió seleccionar las piezas que tecnológicamente pueden ser moldeadas en un solo plano y se desarrolló un herramental para moldeo manual utilizando placas de moldeo. Con esto se logra la uniformidad de los moldes, una vez logrado esto, se realiza el ensamble de los moldes. Esto permite:

- Disminuir el herramental tecnológico en un 50% (dos cajas de moldeo, modelo, cajas de machos, etc.).
- Tiempo en la elaboración del molde adecuado.
- La elaboración del molde puede ser realizada por operarios de calificación C, B o A.
- Actividades de desmoldeo simples.
- Se disminuyen los trabajos de rebabeo y acabado en un 50%.
- Se humaniza el trabajo.

Se incorpora las instrucciones tecnológicas para la aplicación del método de moldeo hembrado.

2.4.1 Instrucción de moldeo hembrado

INDICE



1.0 Objetivo.

2.0 Alcance.

3.0 Definiciones.

4.0 Responsabilidades.

5.0 Referencias.

6.0 Desarrollo.

6.1 Materiales y equipos a utilizar.

6.2 Preparación para comenzar la actividad.

6.3 Secuencia ordenada de las operaciones a realizar.

6.4 Frecuencia de ejecución.

7.0 Registros

1.OBJETIVO

Establecer los pasos a seguir durante la elaboración de moldes de manera manual.

2. ALCANCE

Abarca el proceso de moldeo manual.

3. DEFINICIONES

No se aplica.

4. RESPONSABILIDADES

El Jefe de Brigada de moldeo es el responsable de hacer cumplir lo establecido en esta instrucción.

5. REFERENCIAS



No se aplica.

6. DESARROLLO

Materiales, equipos e instrumentos a utilizar.

6.1.1 Equipos.

- Grúa de puente 3.2 ton.
- Grúa polipasto (0.5-1) ton.
- Grúa pescante 1,0 ton.

6.1.2 Instrumentos.

- Espátula.
- Lanceta.
- Cuchara.
- Aguja.
- Martillo.
- Pulverizador.
- Brocha.
- Cajas de moldeo.
- Pala.
- Llave 17 y 24

6.1.3 Materiales.

- Grafito en polvo.
- Keroseno.
- Mezcla de moldeo.
- Pintura antiadherente.

6.2 Preparación para comenzar la actividad.

6.2.1 Revisar los modelos, las cajas y guías para detectar para detectar si hay desgaste o deterioro.



6.2.3 Utilizar cajas de moldeo con dimensiones de (1300x 1300 x 600) mm (1300 x 1300 x 600) mm.

6.3 Elaboración de los moldes superior e inferior por moldeo manual.

6.3.1 Realización del molde inferior.

6.3.1.1 Soplar la placa porta modelo con aire comprimido.

6.3.1.2 Polvorear el molde con grafito.

6.3.1.3 Limpiar las cajas de moldeo de los residuos de mezcla y óxido.

6.3.1.4 Colocar las guías en las cajas de moldeo.

6.3.1.5 Apretar el botón del dosificador y cubrir el modelo con la mezcla única según lo establecido en la documentación tecnológica hasta el límite superior del printer de la hembra.

6.3.1.6 El espesor de la capa de mezcla debe ser (40 – 60) mm.

6.3.1.7 Apretar con las manos está mezcla de moldeo.

6.3.1.8 Llenar la caja de moldeo con mezcla única hasta el borde superior de la caja y distribuirla uniformemente por toda la superficie de la misma

6.3.1.9 Extraer partes sueltas del modelo superior y colocar le hembra.

6.3.1.9 Rellenar la caja de moldeo con mezcla única hasta sobrepasar 50 mm por encima de esta.

6.3.1.15 Extraer elementos del sistema de alimentación si llevara.

6.3.1.18 Dar terminación y pintura de moldes y machos.

6.3.1.19 Colocar machos en el molde.

6.3.2 Realización del molde superior.

6.3.2.1 Repetir las operaciones de 6.3.1.5 a 6.3.1.9.

2.5 Discusión de resultados y valoración socio económica

Se establece en el País una tecnología adecuada a las condiciones de la industria cubana capaz de producir moldes de moldeo hembrado s, con una disminución de



un 50% del herramental tecnológico. La valoración económica se hace teniendo en cuenta los costos de producción antes y después de aplicada la innovación.

$$Ee = [(Ga - Gp) * e] Q \quad (24)$$

$$Ee = [(2\,758,10 - 2\,051,64) * 0,15] 35 \quad (25)$$

$$Ee = [706,46 * 0,15] 35 \quad (26)$$

$$Ee = 3\,708,91 \text{ CUP/t} \quad (27)$$

Dónde: Ee-Efecto económico anual,(R.P. Sánchez-Figueroa & Pérez-Rodríguez, 2009) Ga-Costo de producción anterior 2 758,10 CUP; Gp- Gasto de producción posterior, 2 051,64 CUP; e-Coeficiente normativa de efectividad = 0,15 (para la rama metalúrgica); Q-Volumen de producción por jornada 35 t/día.(R.P. Sánchez-Figueroa & Pérez-Rodríguez, 2008)

Con la aplicación de esta tecnología se genera un ahorro por jornada de 3 708,91 CUP/t días, este taller moldea de lunes a jueves y funde los viernes es decir realizan 4 fundiciones mensuales con un ahorro de 14 835,66 CUP/t, lo que constituye un ahorro anual de 178 027,92 CUP/t.

La metodología desarrollada permite llegar a índices de eficiencia competitivos que han favorecido la producción a escala industrial de bronce por el método de moldeo hembrado bajo las condiciones de la industria siderúrgica cubana actual (Tabla 2.6), como son, el aumento del aprovechamiento del herramental tecnológico, el rendimiento tecnológico general y la productividad tomando como base comparativa el comportamiento del Rendimiento Tecnológico General (Rt).

Tabla 13 Comparación del comportamiento de los Índices Tecnológicos.



No	Parámetros	Tipo de moldeo		Eficiencia
		tradicional	Moldeo hembrado	unidades
1	Número de cajas (U)	4	2	2
2	Rendimiento Metálico (%)	77,78	94,44	16,66
3	Índice de Rechazo (%)	15	0,1	-14,9
4	Pérdida Metálica (%)	25	3,0	-22
5	Rendimiento Tecnológico General (%)	49,58	91,52	41,94
6	Productividad (kg/C)			
7	Costo (CUP/t)	2555,38	1848,91	-706,47
8	Precio (CUP/t)	2758,10	2051,64	-706,46



Conclusiones

1. Con la aplicación de esta tecnología se establecen las pautas con las cuales se es capaz de explotar las potencialidades del taller permitiendo un aumento del Rendimiento Metálico al 94,4 %, una disminución del Índice de Rechazo por Llenado parcial al 0,1 %, una disminución de la Pérdida Metálica por enfriamiento del caldo metálico hasta 3,0 % y un aumento del Rendimiento Tecnológico General a 91,52%.
2. Con la implementación de este método de moldeo puede apreciarse que además de dar solución al problema del herramental tecnológico que presenta la Empresa Mecánica de Holguín proporciona un aumento considerable en la rentabilidad de la empresa y en general del País.
3. La metodología expuesta permite el cálculo tecnológico para la obtención de fundidos por el método de moldeo hembrado, para las condiciones cubanas.
4. Los resultados de esta investigación facilitan la producción a escala industrial de fundidos por el método “moldeo hembrado” al disminuir los costos de producción asociados a un nivel competitivo.



Recomendaciones

1. Por el impacto económico y social del desarrollo de esta metodología, que permite el establecimiento de una línea de producción a escala industrial de fundidos por el método “moldeo hembrado”, se recomienda que sea aplicado en el resto de las fundiciones del País.
2. Se recomienda profundizar en el estudio del efecto normalizador que condiciona la fundición bajo este método de moldeo.



Bibliografía

- A.P.Guliaev. (1978). *Metalografía* (URSS ed. Vol. 1). Moscú, URSS: Mir
- Callister, W. D. (2015). *Fundamentals of materials science and engineering: an interactive e text* (Wiley Ed.).
- Castro, I. G. (2009). Fundiciones. *F.I.U.B.A DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA*.
- Córdoba, B., Escribano, M., Romero, R. d. R., Iglesias, J. C. G., Foruny, J. M. M., Ariana Munilla López, & (2022). Ingeniería de Materiales.
- Fernández-Tamayol, M. L., Mondelo-García, F., & Pinol, A. P.-E. A. S. (2022). Influencia del tratamiento térmico sobre microestructura y dureza de esteras en acero Hadfield con cromo. *Ingeniería Mecánica*, 25(1), e637.
- G.E.Belay, Salcines, M., & Fundación, a. d. G. E. d. (1970). Guía Tecnológica de Fundición 551.
- GESIME. (2018). Documentación Técnico – Tecnológica
- Lisca, L. H. S., Machado, N. I. C., & Pérez, J. C. C. (2022). DETERMINACIÓN DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE UNA MEZCLA DE MOLDEO TIPO ÚNICA CON ELEMENTOS REFRACTARIOS. *Revista Centro Azúcar*, 49(3), 1-10.
- Maldonado Cañamar, E. D. (2022). *Molde permanente para fundición de bolas de 5 pulgadas para molinos horizontales*.
- Manual de seguridad y salud en el trabajo (2022).



- Medina, J. O. M. (2013). Cálculo automatizado de los sistemas de los sistemas de llenado y las mazarotas para piezas fundidas tipo rueda . 79.
- Minaya, H. B., & Minaya, C. C. B. (2022). Sistema de reducción para colada en fundición de pequeñas cantidades de metales preciosos. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 25(49), 253-257.
- Navas, E. (1990). Métodos de calculo de fundición 188.
- Ospino Manjarres, K. C. (2017). Automatización de la maquina coquilladora basculante para fundición de metales no ferrosos de industrias Fungamar.
- Pérez., L. G., & Reina, E. M. (1991). Tecnología de fundición II. 223.
- Romero, W. (2005). PROCESOS DE FUNDICIÓN DE METALES. 49.
- S.A., F. PROYECTO TÉCNICO Y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA NUEVA PLANTA DE FUNDICIÓN DE HIERRO GRIS Y NODULAR DE FUNDIGUEL, S.A. EN IURRETA (BIZKAIA). 258.
- Sánchez-Figueroa, R. P. (2007). Horno multipropósito. *METANICA*, 9.
- Sánchez-Figueroa, R. P. (2009). Entorno tecnológico alternativo para la producción competitiva, sostenible y sustentable de fundidos de cuproaleaciones densos (pp. 11). Repositorio de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador: Escuela Politécnica Nacional de Ecuador.
- Sánchez-Figueroa, R. P. (2009). *Tecnología para la manufactura competitiva de fundidos de aleaciones de Cobre*. Paper presented at the IV Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.



Sánchez-Figueroa, R. P. (2010). *Ahorro de portadores energéticos en la fusión de metales no ferrosos*. Paper presented at the 15 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. VI Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica y Metalurgia (CCIM 2010), La Habana, Cuba.

Sánchez-Figueroa, R. P. (2010). Utilización de los desechos de vidrio en los procesos de fundición de metales ferrosos y no ferrosos. *METANICA*, 12.

Sánchez-Figueroa, R. P. (2012). *Tecnología para la obtención de fundidos de cuproaleaciones sanos de poros y sopladuras*. Paper presented at the XXXIII Convención Panamericana de Ingenierías. VI Conferencia Internacional de las Ingenierías Mecánicas, Eléctricas e Industrial (UPADI 2012), La Habana, Cuba.

Sánchez-Figueroa, R. P. (2012). *Tecnologías alternativas sostenibles y sustentables en procesos de fundición de metales ferrosos y no ferrosos*. Paper presented at the XXXIII Convención Panamericana de Ingenierías. Congreso medioambiente y desarrollo Humano. MADEHUMAN 2012, La Habana, Cuba.

Sánchez-Figueroa, R. P., & Pérez-Rodríguez, R. (2008). *Entorno tecnológico alternativo para la producción competitiva, sostenible y sustentable de fundidos de cuproaleaciones densos*. Paper presented at the V Jornada Científica de la Facultad de Ingeniería - Centro de Desarrollo de la Maquinaria Agrícola (CEDEMA), Universidad de Holguín.

Sánchez-Figueroa, R. P., & Pérez-Rodríguez, R. (2009). *Cálculo competitivo del costo y precio de los fundidos de bronce y latón*. Paper presented at the IV Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.



Sánchez-Figueroa, R. P., Pérez-Rodríguez, R., García-Domínguez, A., Quesada-Estrada, A. M., & Dumitrescu, L. (2017, 26 al 28 de Abril). *Obtención de fundidos de aleaciones no ferrosas por el método vibratorio*. Paper presented at the VIII Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín, Hotel Atlántico Guardalavaca, Holguín.

Sánchez-Figueroa, R. P., & Quesada-Estrada, A. M. (2015). *Sustitución de la madera por poliésterol expandido en la producción de artículos fundidos de alta resistencia*. Paper presented at the Segunda Jornada Internacional de las Ingenierías Mecánica, Eléctrica, Industrial y ramas afines (JIMEI 2015), La Habana, Cuba.

(Córdoba et al., 2022; Fernández-Tamayol, Mondelo-GarcíaII, & PinolIII, 2022; Liscá et al., 2022; Maldonado Cañamar, 2022; "Manual de seguridad y salud en el trabajo ", 2022; Minaya & Minaya, 2022; R.P. Sánchez-Figueroa, 2007; R.P. Sánchez-Figueroa, 2009; R.P. Sánchez-Figueroa, 2009, 2010; R.P. Sánchez-Figueroa, 2010, 2012; R.P. Sánchez-Figueroa, 2012; R.P. Sánchez-Figueroa & Pérez-Rodríguez, 2008; R.P. Sánchez-Figueroa & Pérez-Rodríguez, 2009)



ANEXOS
ANEXO 1

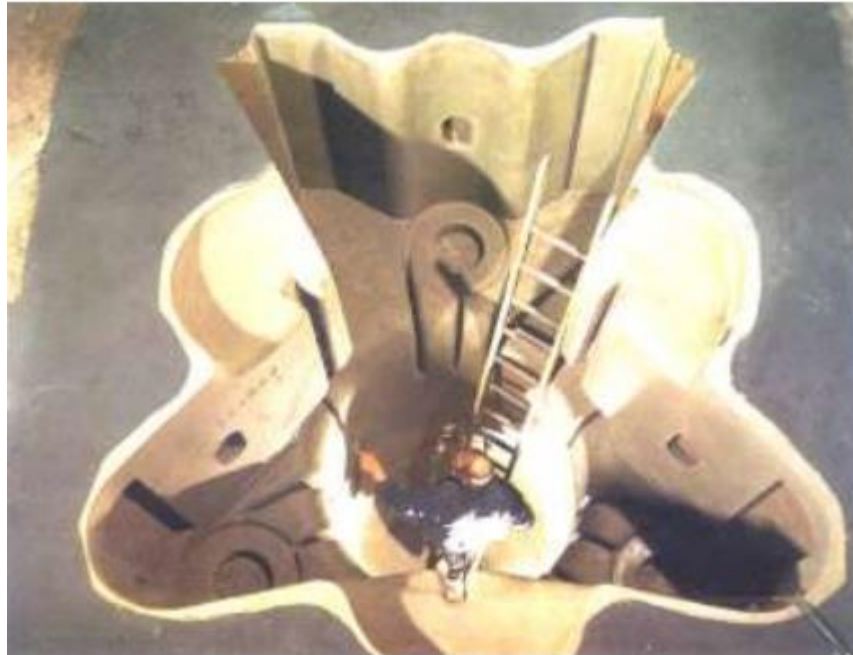


Figura 14 Moldeo en fosa de cilindro de una prensa de extrusión(Romero, 2005)

ANEXO 2

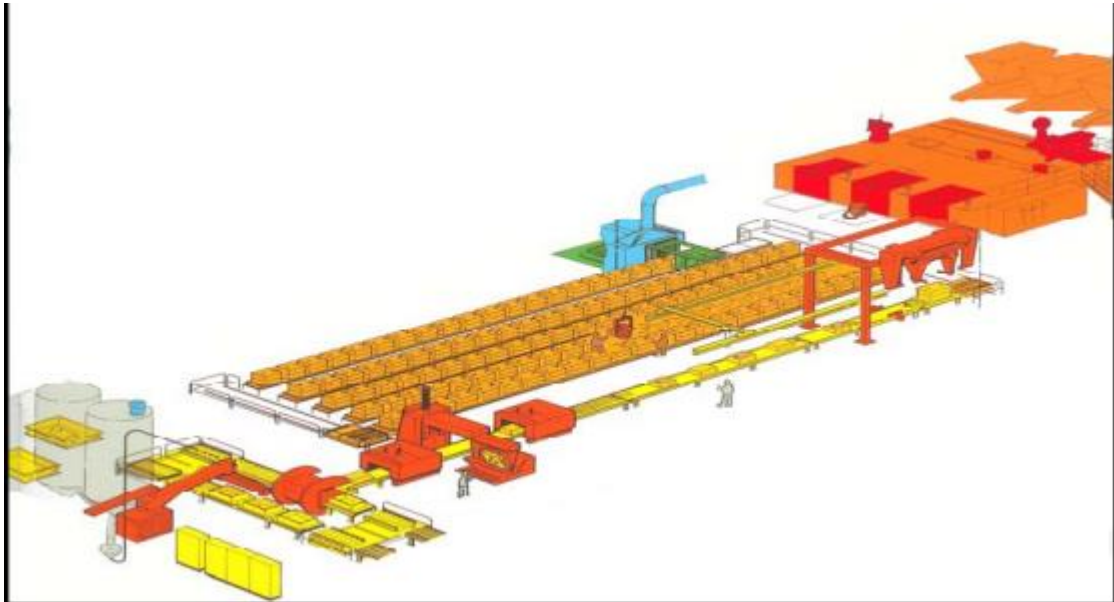


Figura 15 Moldeo mecánico. El sistema de moldeo está equipado con todos los elementos necesarios para su funcionamiento automático.(S.A.) (Ospino Manjarres, 2017)

ANEXO 3

MODELO



Es un objeto que se elabora para **formar la cavidad del molde** donde se vaciará el metal fundido para producir piezas coladas ó para producir un molde permanente. Puede ser permanente ó transitorio

CAJA DE MACHO



Es un modelo que se utiliza para fabricar machos ó noyos, los cuales sirven para formar los huecos u orificios en la piezas coladas. A los machos se le conoce también como corazones, almas, núcleos o cores

TIPO DE MODELO

- **Modelo sólido:** Es de una sola pieza
- **Modelos divididos:** Es de dos o más secciones
- **Placas-modelo:** Modelo integrado o unido a una placa base

Figura 16 moldeo de macho (Romero, 2005)

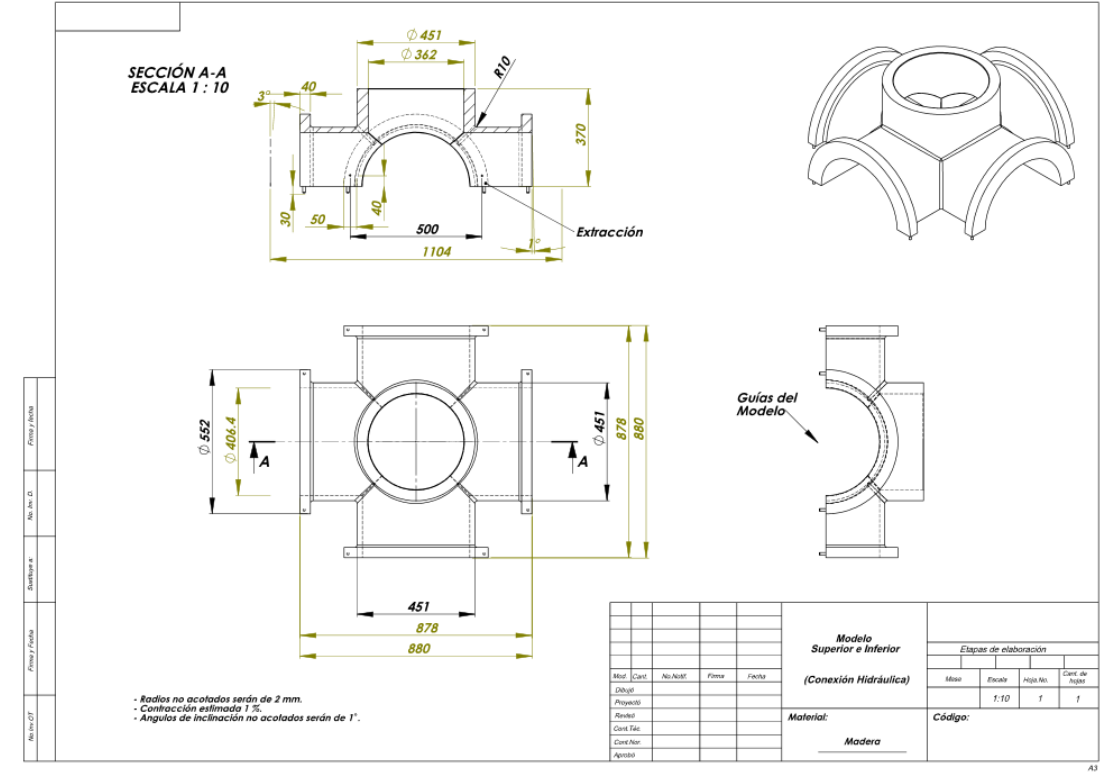


Figura 17 Dibujo en *SolidWorks* del macho

