

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Mecánica

Departamento de Ingeniería Mecánica



TRABAJO DE DIPLOMA

Determinación del porcentaje óptimo de humedad de la mezcla para la elaboración del vaso inferior de la cafetera EINPUD

Autor: Dayana Martín Andrés

Tutores: Dr. Ing. Ricardo Alfonso Blanco

MSc. Lázaro Humberto Suárez Lisca

Santa Clara

2012

"Año 54 de la Revolución"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería Mecánica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Autor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

Cuanto más alto coloque el hombre su meta, tanto más crecerá.

Johann Christoph Friedrich von Schiller

DEDICATORIA

A mi papá porque a pesar de que no está entre nosotros, hubiese estado muy orgulloso de tener otra ingeniera mecánica en casa.

A mi mamá por ser la mejor mamá del mundo y que gracias a su apoyo he podido llegar hasta aquí.

A mis tías Caridad y Olguita por ser mis segundas madres y a pesar de estar lejos me han guiado.

A mi tío Andrés que ha sido como un padre para mí.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ing. Ricardo Alfonso Blanco.

Al MSc. Lázaro Humberto Suárez Lisca.

A los trabajadores de los talleres de cafetera, moldes y troqueles de la EIMPUD 1ro de Mayo.

Al Ing. José Antonio Rodríguez Osorio director del taller de Moldes y Troqueles de la EIMPUD 1ro de Mayo.

A Yoel Pérez Acosta.

A Carlos Sing Yu.

A los técnicos del laboratorio de la empresa Geominera del Centro.

A los trabajadores y técnicos del laboratorio de fundición de la empresa Planta Mecánica.

A mi mamá.

A mi hermano.

A mi tía Nena.

A todas mis tías, tíos y abuelas.

A mis primos Roli, Yanelys y Lisdenny.

A mi novio Reinier.

A mi madrina.

TAREA TÉCNICA

Escriba aquí las tareas que debe ejecutar hasta la confección del informe final (Obligatoria)

Esta página debe estar firmada por el estudiante y por el tutor, expresión del compromiso entre ambos.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

La producción de cafeteras de presión de la Empresa Industrial Nacional Productora de Utensilios Domésticos (EINPUD) “1ro de Mayo” es uno de los renglones que ha presentado serios problemas con la estabilidad en su producción. Sin embargo, producto de la aplicación de nuevas variantes de fabricación del vaso inferior en otros países, se analiza por la dirección de la empresa la introducción de un nuevo método de colada utilizando machos de arena.

En este trabajo se presenta un estudio sobre las características de las arenas de moldeo que se utilizan en el proceso de fundición y sobre el proceso de producción de la cafetera EINPUD. También se determinan algunos parámetros que se deben tener en cuenta para definir las propiedades de la arena magra a utilizar en la realización del macho para el vaso inferior de la cafetera. Además se muestran los resultados obtenidos en los ensayos obteniéndose el porcentaje de humedad óptimo de la mezcla.

ABSTRACT

The production of pressured coffee pots in the EIMPUD “1ro de Mayo” is one of the aspects that has presents serious troubles with its production stability. However, because of the introduction of new manufacturing strategies for the inferior vessel in other countries, it is analyzed by the enterprise management the introduction of a new percolate method using sand machos.

This paper presents a research about the characteristics of molding sands that are used in the foundry process and about the production process of the EIMPUD pressured coffee pot. It also determinates some parameters to carry out for defining the magra sand properties for its utilization in the inferior vessel production. In addition, it shows the obtained results in the experiments, obtaining the mixture optimum percent of humidity

INDICE

PENSAMIENTO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. Marco teórico referencial.....	5
1.1 Mezcla de moldeo.....	5
1.1.1 Clasificación de las mezclas de moldeo atendiendo a los siguientes criterios.	5
1.1.2 Propiedades de las mezclas de moldeo.....	6
1.2 Arenas de moldeo	7
1.2.1 Tipos de arenas de moldeo.....	7
1.3 Arenas de fundición.	11
1.3.1 Clasificación de las arenas naturales.	12
1.4 Arcillas de moldeo.....	12
1.4.1 Tipos de arcillas empleadas en la fundición.	13
1.5 Plasticidad de la arcilla.	14
1.6 Aglutinantes usados en la fundición para la preparación de mezclas de arenas para moldes.....	16
1.7 Moldeo en arena.....	18
1.8 Modelo que se utilizan en el moldeo de arena.....	18
1.9 Conclusiones parciales.....	19
CAPITULO II. Estudio del proceso de producción de la cafetera EIMPUD.....	20

2.1	Tecnología de fundición de las cafeteras EIMPUD por coquilla.	20
2.1.1	Tecnología de Maquinado.	22
2.1.2	Herramientas que se utilizan para el maquinado.	24
2.1.3	Pulido y fregado.	24
2.2	Elementos fundamentales del control de la calidad, la gestión ambiental y tecnológica.	25
2.3	Tecnología de fabricación del vaso inferior de la cafetera por machos de arena.	25
2.3.1	El proceso de moldeo consta de los siguientes pasos.	26
2.3.2	Proceso de fundición.	26
2.3.3	Selección de las piezas.	27
2.3.4	Tecnología de Maquinado.	27
2.3.5	Proceso de pulido.	28
2.3.6	Proceso de secado.	28
2.4	Identificación de peligros en las diferentes etapas del proceso.	28
2.4.1	Fusión y colada del metal.	28
2.4.2	Fabricación de moldes.	30
2.4.3	Fabricación de machos.	30
2.4.4	Vaciado.	31
2.4.5	Desbarbado.	32
2.5	Conclusiones parciales.	33
CAPITULO III. Métodos y ensayos realizados.		34
3.1	Métodos de ensayo para caracterizar las arenas.	34
3.1.1	Determinación del contenido de humedad de la arena.	34
3.1.2	Preparación de probetas norma para arenas de fundición.	35
3.1.3	Determinación de la permeabilidad de la arena.	36

3.1.4	Determinación de la resistencia de la arena.....	36
3.1.5	Resistencia a la cizalladura o corte.....	37
3.1.6	Determinación de la dureza.....	37
3.1.7	Determinación granulométrica.....	37
3.1.8	Análisis Mineralógico.....	39
3.2	Ensayos reales realizados a la arena magra.....	39
3.2.1	Análisis granulométrico real realizado a la arena que se utiliza en la elaboración de moldes para machos de cafeteras.....	39
3.2.2	Análisis mineralógico real.....	43
3.2.3	Análisis químico real.....	45
3.2.4	Análisis del % de humedad real.....	45
3.2.5	Prueba de resistencia a compresión de la mezcla para determinar el porcentaje de la humedad óptima de la misma.....	46
3.3	Conclusiones parciales.....	48
CONCLUSIONES.....		49
RECOMENDACIONES.....		50
BIBLIOGRAFIA.....		51
ANEXOS.....		55

INTRODUCCIÓN

La producción de cafeteras de presión en la Empresa Industrial Nacional Productora de Utensilios Domésticos (EINPUD) “1 de Mayo” se está realizando desde el año 1975, en la planta de Kupres y en el taller de fundición de dicha planta. A pesar que con el recrudescimiento del periodo especial esta producción estuvo fuertemente afectada desde 1991 hasta 1993, la misma logra reanimar su elaboración en 1994. Tres años después se incrementa la demanda de este artículo por parte de las cadenas de Tiendas Recaudadoras de Divisas (TRD), que son sus principales clientes, así como exportaciones a República Dominicana, México y Panamá.

Debido a la creciente competencia en el mercado mundial las empresas cubanas se ven obligadas a incrementar la calidad y a realizar un amplio estudio en la preparación, ejecución y venta de la producción, con el objetivo de optimizar y aprovechar al máximo cada proceso, elaborando productos que sean capaces de competir al más alto nivel en un mercado cada vez más globalizado.

Es por eso que se estudia por la dirección de la empresa la introducción de un nuevo método utilizando machos de arena, el cual es aplicado en varios países y en específico el caso de China.

Este método de producción de piezas fundidas en moldes y machos de arena tiene importantes ventajas como:

- Forma más rápida y económica de obtener la cavidad del molde.
- Obtención de piezas con una buena calidad.
- Solo intervienen en el proceso dos operarios, un preparador de machos de arena y un fundidor mientras que en el método actual por coquillas intervienen tres operarios

para realizar el arme del macho en la coquilla, el vertido del aluminio y el desarme del macho.

Para la elaboración de los machos es necesario utilizar arenas para la fundición que proporcionen plasticidad, cohesión y resistencia para reproducir y conservar la reproducción del modelo; resistir la acción de las elevadas temperaturas, permeabilidad gaseosa para la evacuación rápida del aire contenido en el molde y de los gases que se producen en el acto de la colada por la acción del calor sobre el mismo molde.

La experiencia acumulada de varios técnicos y operarios acentúan que los problemas fundamentales de la técnica anteriormente descrita se encuentran fundamentalmente en las propiedades de la mezcla utilizada y en menor escala en la calidad del metal utilizado.

El análisis de la situación planteada y la problemática en cuestión, permite formular el **problema científico** siguiente:

¿La determinación del porcentaje óptimo de humedad de la mezcla para la elaboración del vaso inferior de la cafetera EIMPUD garantiza la obtención de su máxima calidad?

Objetivo general.

Determinar los valores óptimos de las principales propiedades de la mezcla para la elaboración del vaso inferior de la cafetera EIMPUD.

Objetivos específicos.

1. Realizar el análisis granulométrico de la arena.
2. Determinar las propiedades químico-físicas de la arena.
3. Determinar el porcentaje de humedad relativa y absoluta de la arena.
4. Determinar el porcentaje óptimo de humedad de la mezcla para la elaboración del vaso inferior de la cafetera EIMPUD.

Preguntas.

1. ¿Qué resultados se obtienen del análisis granulométrico de la arena?
2. ¿Cuáles son las propiedades químico-físicas de la arena?
3. ¿Cuál es el porcentaje de humedad relativa y absoluta de la arena?

4. ¿Cuál es el porcentaje óptimo de humedad de la mezcla para la elaboración del vaso inferior de la cafetera EIMPUD?

Se utilizaron en esta investigación los métodos siguientes:

Métodos de nivel teórico.

- Analítico sintético: Para precisar las principales deficiencias presentadas en el proceso de elaboración de las mezclas para los machos de arena a partir de los ensayos realizados a la arena utilizada en las mismas.

Métodos de nivel matemático y estadístico:

- Análisis porcentual: Para la determinación del porcentaje de humedad óptima de la mezcla para la elaboración de los machos del vaso inferior de la cafetera EIMPUD.

Dentro de las técnicas se sitúa la siguiente:

- Análisis de documentos: Con el objetivo de constatar la tecnología de fundición y el maquinado de las cafeteras por coquilla y del nuevo método por machos de arena para la elaboración del vaso inferior.

Hipótesis.

Con la determinación del porcentaje óptimo de humedad de la mezcla para el macho se garantiza la calidad adecuada para la elaboración del vaso inferior de la cafetera EIMPUD.

La tesis se **estructura** de la siguiente manera: introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

En el Capítulo I se establece el marco teórico referencial sobre las mezclas de moldeo que se utilizan para la elaboración de los machos de arena.

En el Capítulo II se presenta el estudio del proceso de producción de la cafetera EINPUD.

El Capítulo III se dedica a la representación de los métodos y ensayos realizados.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de esta investigación, la bibliografía y los anexos.

CAPITULO I. Marco teórico referencial

En este capítulo se caracterizan las mezclas de moldeo y se muestran las propiedades de las mismas. Además se exponen los tipos de arenas de moldeo y las naturales que se utilizan en la fundición. También se presentan los aglutinantes y arcillas usados en la fundición para la preparación de mezclas para moldes. Seguidamente se explica el proceso de moldeo en arena y las características que debe presentar el modelo que se utiliza.

1.1 Mezcla de moldeo.

Una mezcla de moldeo, en su forma más simple es la unión de diferentes materiales capaces de producir un material de construcción con el cual se pueda elaborar el molde, la cavidad en la que se ha de verter la aleación para obtener la pieza fundida. Los ingredientes básicos de la mezcla son: la arena de moldeo como material básico de la mezcla, el aglutinante encargado de unir frecuentemente los granos de arena entre sí, y un agente activante de la aglutinación, donde en la mayoría de las mezclas es el agua. Pueden añadirse aditivos para obtener propiedades especiales. Una composición similar la tienen las mezclas para machos, o sea, aquellas con las cuales se producen elementos capaces de crear las cavidades en las piezas fundidas.

1.1.1 Clasificación de las mezclas de moldeo atendiendo a los siguientes criterios.

Según su utilización

- Mezcla únicas.
- Mezclas de cara.
- Mezclas de relleno.

Según el estado del molde

- Mezclas para moldes húmedos.
- Mezclas para moldes secos.

Según el tipo de arena empleada

- Mezclas naturales.
- Mezclas sintéticas.

Según el tipo de moldeo empleado

- Mezclas para moldeo manual.
- Mezclas para moldeo mecanizado.

Según el tipo de aleación de la pieza

- Mezclas para acero.
- Mezclas para hierro fundido.
- Mezclas para no ferrosos.

1.1.2 Propiedades de las mezclas de moldeo.

Las propiedades que deben poseer las mezclas de moldeo se dividen en tres grandes grupos como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Propiedades de las mezclas de moldeo.

Propiedades termo-físicas	Propiedades mecánicas	Propiedades tecnológicas
Calor específico	Resistencia en verde	Compactibilidad
Conductividad térmica	Resistencia en seco	Colapsabilidad
Termo - difusividad	Resistencia a altas temperatura	Moldeabilidad
Porosidad		Adhesividad
Permeabilidad		Fluidez
Capacidad de general gases		Desmoldeabilidad
Refractariedad		

1.2 Arenas de moldeo

Las arenas de moldeo están compuestas por arena y arcilla. Esta arcilla generalmente es bentonita entre otras, proporcionando cohesión y plasticidad a la mezcla.

Por las cualidades que posee la arena, ésta facilita su moldeo y la arcilla contribuye dándole resistencia suficiente para mantener la forma requerida de la pieza que se desea moldear mientras se vierte el material fundido.

Dentro de los materiales de moldeo tienen gran importancia las arenas de moldeo y los materiales de tipo arcilloso.

1.2.1 Tipos de arenas de moldeo.

Arenas de cuarzo

Según (Salcines, 1985), las arenas de cuarzo son las mejores porque constituyen un material barato, abundante y de tan buenas propiedades técnicas como los demás tipos de arenas de fundición. El componente fundamental de las arenas de cuarzo es el bióxido de silicio (SiO_2). Además en el yacimiento la arena contiene una cierta cantidad de sustancias arcillosas en forma de silicato hidratado de alúmina, de fórmula aproximada ($2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) así como una serie de sustancias que se consideran como impurezas ya que la mayoría disminuye la refractariedad de la arena.

Esta arena por su composición es bastante frecuente llamarla por el término de arena de sílice. La temperatura de fusión de dicha arena es de 1713°C y durante el calentamiento experimenta diferentes variaciones alotrópicas que se caracterizan por cambios volumétricos. Dichas transformaciones juegan un papel importante en el comportamiento de la mezcla en el molde, ya que pueden provocar defectos en las piezas fundidas.

Las temperaturas por debajo de 575°C el cuarzo se presenta en la forma modificación α , que es una forma cristalina estable. A partir de 575°C y hasta 878°C existe otra forma cristalina denominada cuarzo β . En el transcurso del calentamiento hasta la forma β , el cristal experimenta una dilatación de 5%. Durante la modificación β , el cuarzo no experimenta ningún tipo de dilatación. A partir de 1250°C , la tridimita comienza a transformarse en cristobalita siendo el cambio particularmente notable a partir de 1400°C . La transformación de tridimita en cristobalita implica aumentos de volumen del orden de

15-20%. A partir de 1625 °C comienza a formarse un vidrio de sílice. El paso de cuarzo α a β es reversible, pero el de tridimita a cristobalita no lo es. En la práctica de fundición la transformación más importante, por lo que implica en la dilatación del molde, es el paso de cuarzo de α a β , alrededor de los 600 °C. El paso de la tridimita a la cristobalita es muy lento y poco notable hasta los 1400 °C, por eso influye poco en la práctica de producción, ya que afecta un espesor muy pequeño de mezcla.

Los cambios de volumen ocurren muy rápido y en el intervalo es estrecho, lo cual puede provocar alteraciones en las dimensiones de la pieza fundida y tensiones en los granos de cuarzo que provoquen grietas y fisuras que alteren el tamaño de los granos.

Este tipo de arena también se puede obtener mediante las precipitaciones de soluciones acuosas en cuyo caso posee el aspecto de sustancia con un alto grado de dispersión. Estas partículas muy finas de cuarzo tienen su aplicación específica en fundición y se conocen bajo el nombre de harina de cuarzo o marshalita.

En nuestro país los principales yacimientos de cuarzo en la explotación para la producción de mezclas de moldeo se encuentran en Pinar del Río (como el yacimiento de Santa Teresa, Cortés y Santa Bárbara), en Trinidad, en la Isla de la Juventud (yacimiento de Buenavista).

La mayoría de las arenas de cuarzo cubanas se caracterizan por un alto contenido de SiO_2 (~95%) y un contenido de relativamente bajo de impurezas. Los principales consumidores de esta arena son la industria química, la de construcción y la producción por fundición.

Arenas de zirconio

Las arenas de zirconio presentan un material de bajo coeficiente de expansión, por ejemplo, por debajo de 500 °C expansiona dos veces menos que el cuarzo y tres veces menos a temperaturas de entre 500 °C -1000 °C. Su conductividad térmica es dos veces superior al cuarzo. Su peso específico es alto, del orden de 4,7 g/cm³ por lo que el coeficiente de acumulación de calor alcanza valores tan altos como 50 Kcal /m²* h * °C.

Por presentar una alta densidad y conductividad del calor, las mezclas con arena de zirconio favorecen el enfriamiento rápido de las piezas fundidas, obteniéndose así un producto de mayor calidad y resistencia que empleando arenas de cuarzo.

Estas arenas se emplean en situaciones especiales de alta penetración metálica, como mezclas para machos en piezas de alta responsabilidad. También es frecuente la aplicación de una sustancia en forma concentrada con más de 90 % de zirconio como agente rellenedor de pinturas y pastas para moldes y machos, piezas grandes de acero fundido u otras aleaciones ferrosas.

Arenas de cromita

La cromita tiene cualidades equivalentes a la arena de zirconio para la obtención de superficies de calidad en áreas críticas del molde, siendo más sensible y menos costosa que esta. Esta se emplea frecuentemente para la fabricación de mezclas de cara y de machos en la producción de piezas fundidas grandes de acero. Su composición química es variable y depende del yacimiento de origen.

La principal cualidad de esta arena es su baja actividad química respecto al metal líquido (con sus óxidos). Posee una excelente resistencia a la penetración metálica y en sustitución de cuarzo, garantiza la producción de piezas limpias, sin costras de penetración, mejorando la calidad y disminuyendo los costos de producción. Su temperatura de fusión para un contenido de Cr_2O_3 alrededor de 40 % es próxima a 1800 °C. La conductividad térmica es considerablemente superior a la de cuarzo, por ello, siempre provoca un efecto enfriador más o menos intenso.

Generalmente la cromita está acompañada por otros minerales e impurezas que pueden afectar su calidad, pudiendo provocar sopladuras de gases en las piezas fundidas durante el vertido. Los métodos más generalizados para detectar las sustancias extrañas son el ensayo de pérdidas de ignición, debe efectuarse en atmósfera oxidante y el control del peso específico, que debe ser superior a 4,4.

Se puede emplear con la mayoría de los principales aglutinantes que se utilizan en fundición (bentonita, aceites, vidrio líquido, cemento), en cambio presenta dificultades para emplearla en mezclas a base de resinas sintéticas del tipo furánico, debido a su relativamente alta demanda de ácido (PH=7-9,5). Para usarla en la fundición se prefiere utilizarla previamente tamizada. 1-2mm y con un contenido de finos polvos no mayor de 30-40 %.

En nuestro país su uso principal es en la producción de aceros al manganeso empleándola como mezclas de cara de vidrio líquido en calidad de aglutinante. También se emplea de machos en piezas de acero al carbono y los resultados más satisfactorios han sido en la preparación de pinturas y pastas de moldes.

Arenas de olivina

Las olivitas forman un grupo de silicatos de fórmula general $2RO \cdot SiO_2$ donde R puede ser un óxido de Mg, Fe, Mn, Ni, Co, Zn o Ca, o combinaciones de estos. Los silicatos más conocidos de este grupo son la olivina $(MgOFeO) \cdot SiO_2$ y la serpentina $(3MgO \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O)$. Las arenas de olivita que se emplean en la fundición deben tener un contenido mínimo de $2MgO \cdot SiO_2$ de 80 %, pérdidas de por ignición no mayores de 1,35% y la humedad inferior de 1 %. Estas arenas dan buenos resultados empleadas en mezclas de cara y en machos porque no reaccionan con los óxidos de hierro. Su temperatura de fusión es alta y evitan la penetración metálica en los moldes de arena.

Magnesita y cromo – magnesita

La magnesita es un mineral refractario de fórmula química $MgCO_3$ con impurezas en formas de óxidos de calcio, hierro y silicio. Una composición química de magnesita es la siguiente: $MgO=85\%$, $CaO=1-2\%$, $SiO_2=0,5-2\%$, $Fe_2O_3=0,5-2\%$. Las pérdidas de calcinación en esta son muy altas, del orden de 50-25% por eso se emplea como producto industrial después de calcinada a temperatura de 1500- 1650 °C liberando CO_2 y reteniendo MgO .

Este tipo de arena solo se utiliza en piezas fundidas de aceros especiales, con alto grado de penetración metálica.

Arena Cerabeads

Según (Vega, 2005), cerabeads es una arena sintética cuya composición es silicato de alúmina $(3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2)$, presenta excelentes propiedades refractarias, una alta permeabilidad y dilatación térmica similar a la arena de circonio. Tiene una densidad aparente de 1,7 gr/c.c. y la forma de sus granos es redondeada, lo cual, le confiere una alta fluidez. La arena cerabeads es compatible con todos los procesos químicos de

confeccionamiento y es muy apropiada para piezas de acero aleado o machos sometidos a altas sollicitaciones térmicas como por ejemplo pasos de aceite en motores de combustión.

Arena de Bauxita

La arena de Bauxita es un producto obtenido por fusión y que contiene aproximadamente un 75 % de Al_2O_3 . Esta arena sintética presenta excelentes propiedades refractarias, una alta permeabilidad y dilatación térmica similar a la arena de cromita. Se presenta en diferentes tamaños y tiene una densidad aparente de 2 gr/c.c. La arena de Bauxita se puede utilizar como sustituta de la arena de circonio y gracias a sus propiedades magnéticas es posible su separación de la arena de sílice. Otra importante característica de la arena de bauxita son las altas resistencias mecánicas que se obtienen en los moldes, hecho constatado en los procesos de caja fría, caja caliente y sistema furánico autofraguante.

Arena fluida

Según (Chevriot, 1972), las arenas fluidas son autoendurecedora en la fundición de grandes piezas. Su fluidificación se logra gracias a la creación, durante el malaxado de la mezcla, de un gran número de pequeñas burbujas. Se tiene así un material aireado, que es lo suficientemente fluido como para que pueda ser colado en chasis o cajas de machos y tome cuerpo rápidamente. La densidad que se obtiene es relativamente baja y tienen una resistencia algo menor que la de las arenas silicoarcillosas estufadas frente a las sollicitaciones del metal colado antes de que se complete.

1.3 Arenas de fundición.

Las arenas de fundición tienen un origen común. La roca madre de la cual se deriva el granito, compuesto de feldespato, cuarzo y mica. El feldespato (silicato doble de aluminio y potasio o sodio) actúa de sustancia aglomerante de la mica y el cuarzo: bajo la acción tenaz y constante de los agentes atmosféricos se disocian los dos silicatos que componen al feldespato. El silicato de aluminio, al hidratarse se convierte en arcilla, mientras que los silicatos de potasio o de sodio (como tales, o transformados en carbonatos por la acción del anhídrido carbónico del aire) son arrastrados por las aguas meteóricas. De este modo se han constituido los vastos depósitos de arenas naturales.

1.3.1 Clasificación de las arenas naturales.

Una primera clasificación de las arenas naturales puede basarse en su contenido de arcilla; se distinguen cuatro clases:

- Arenas arcillosas o tierras grasas, cuyo contenido de arcilla es superior al 18 %.
- Arenas arcillosas o tierras semi-grasas, cuyo contenido de arcilla va del 8 al 18 %.
- Arenas arcillosas o tierras magras, cuyo contenido de arcilla va del 5 al 8 %.
- Arenas silíceas, cuyo contenido de arcilla es inferior al 5 %.

Una segunda clasificación puede hacerse atendiendo a la forma del grano.

- Arena de grano esferoidal.
- Arena de grano angulado.
- Arena de grano compuesto.
- Arenas de grano subangular.

Finalmente en relación con las dimensiones del grano, pueden distinguirse:

- Arena de grano grueso.
- Arena de grano medio.
- Arena de grano fino.

1.4 Arcillas de moldeo.

Según (Salcines, 1985), la arcilla de moldeo es un mineral formado por partículas muy finas, del orden de micrones, que en unión con el agua adquiere plasticidad y cierta capacidad aglutinante que junto con determinada estabilidad termoquímica, permite al mezclarla con los granos de arena formar un material de moldeo capaz de resistir las exigencias tecnológicas que imponen la producción de una pieza fundida. Cuando se emplea el término de arcilla se refiere a yacimientos en los cuales el contenido de partículas inferiores a 0,022 mm es del orden de 60-80 % más. El componente principal de la arcilla es el silicato de alúmina hidratado y su coloración es muy variada en dependencia de su

composición mineralógica, fluctuando desde casi blanco, como en algunos caolines, hasta muy oscuro, como en ciertas arcillas refractarias.

1.4.1 Tipos de arcillas empleadas en la fundición.

Por la composición mineralógica puede decirse que una arcilla está compuesta de uno o varios minerales que contienen Al_2O_3 , granos de cuarzo y pequeñas impurezas de otros minerales. La alúmina, el cuarzo y cierta agua constitucional pueden estar unidos en diferentes proporciones, dando lugar así a diferentes grupos minerales arcillosos, de los cuales los empleados en fundición poseen las características siguientes:

Arcillas cuyo mineral básico es caolín ($\text{Al}_2\text{*}2\text{SiO}_2\text{*H}_2\text{O}$)

Tienen un peso específico entre 2,58-2 g/cm^3 y una temperatura de fusión entre 1750-1787 °C. La caolinita, desde el punto de vista práctico, sufre transformaciones importantes a 350-580 °C, cuando pierde su agua de constitución y se transforma en metacaolinita; a 900-1050 °C, en que la metacaolinita se transforma en una sustancia amorfa separándose la alúmina y el cuarzo, y a 1200-1280 °C, en que a partir de la alúmina y el cuarzo, se forma mullita ($3\text{Al}_2\text{O}_3\text{*}2\text{SiO}_2$). Estas se utilizan en la producción de piezas fundidas de hierro y acero ya que presentan una alta refractariedad.

Arcillas cuyo mineral básico es la montmorillonita

A este grupo pertenecen las arcillas de bentonitas. La montmorillonita es un material muy suave con una temperatura de fusión entre 1250 °C y sus transformaciones más importantes son a 100 °C donde pierde el 18% de la humedad absorbida, entre 100 y 500 °C pierde el 4% de su agua constitucional y a 735-850 °C se destruye la red y se transforma en una sustancia amorfa.

Arcilla cuyo mineral básico es un producto intermedio entre la mica y el caolín

Por sus propiedades físico-químicas, estos minerales se consideran inestables, en este grupo se encuentran las arcillas de tipo ílticas y en ellas, por lo general, predominan mineral que es el que define las principales propiedades de la arcilla. Su característica general es que tienen un punto de fusión similar o algo mayor que las bentonitas, pero con muy poca capacidad de aglutinante.

1.5 Plasticidad de la arcilla.

Según (Alvarez, 2008), la característica física más significativa de las arcillas es la plasticidad, que es la capacidad de deformarse sin agrietarse ante un esfuerzo mecánico conservando la deformación al retirarse la carga (no se produce rebote elástico). En las arcillas depende fundamentalmente del contenido de agua, si está seca no es plástica, se disgrega y con exceso de agua se separan las láminas. Depende también del tamaño de partícula y de la estructura laminar. Cuando está convenientemente humedecida puede adoptar cualquier forma. Esta propiedad se debe a que el agua forma una envoltura sobre las partículas laminares, produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas.

Su elevada plasticidad es consecuencia de su morfología laminar, tamaño de partícula extremadamente pequeño (elevada área superficial) y alta capacidad de hinchamiento. En general, cuanto más pequeñas son las partículas y más imperfecta su estructura, más plástico es el material.

El agua se presenta en las arcillas en tres formas: hidratación (químicamente combinada), plasticidad, (rodeando las partículas minerales) o intersticial (rellenando los huecos entre los granos).

La consistencia de una arcilla en función de la humedad se distingue en tres fases:

1. Etapa inicial, en la cual solo tiene lugar un pequeño aumento de la consistencia al incrementar el contenido de humedad.
2. Una etapa intermedia, en la cual tiene lugar un repentino aumento de la consistencia.
3. Una etapa final, en la cual la consistencia disminuye bruscamente.

En la primera etapa las películas de agua, de espesor variable, rodean a las partículas o grupos de partículas de arcilla, produciendo un efecto macroscópico semejante a la granulación.

En la segunda etapa, el agua libre ocupa los intersticios existentes entre las partículas de arcilla dando lugar a fuerzas de atracción capilares debidas a la tensión superficial del agua,

que cohesionan el sistema particulado produciendo un aumento de la consistencia que alcanza rápidamente un máximo.

En la tercera etapa, cuando la cantidad de agua que se añade es superior al contenido que hace máxima a la consistencia, lo que ocurre es que aumenta el espesor de la película de agua entre las partículas debilitándose las fuerzas de atracción capilares y el sistema particulado comienza a comportarse como un líquido. Bajo esas circunstancias, la consistencia disminuye rápidamente y se aproxima a cero.

Las arcillas de acuerdo al grado de plasticidad se clasifican en magras y grasas.

Las arcillas grasas son las que poseen una gran plasticidad, incluso para pequeñas humedades. Presentan en su constitución una gran concentración de minerales arcillosos y una baja concentración en arenas silíceas. Se moldean con facilidad, pero su gran adherencia impide el desmoldeo correcto del producto moldeado. Son untuosas al tacto.

Por su parte, las arcillas magras son las que poseen una baja plasticidad. Son quebradizas y arenosas.

Esta plasticidad se puede aumentar con hidróxido, carbonato o silicato sódico, con cal, oxalato y humus. La misma se puede reducir con la utilización de desgrasantes.

En la industria normalmente se ensayan distintas proporciones de agua hasta que con la aplicación de una energía determinada, que es una constante de la máquina utilizada, se consigue el efecto deseado: la extrusión, el prensado, etc. Este concepto está íntimamente unido al de "trabajabilidad".

Una pasta presenta comportamiento plástico, desde que puede considerarse deformable con el procedimiento utilizado hasta que presenta una resistencia a la compresión inferior a 0.032 Kg/cm, momento en el que se considera que adquiere las propiedades de un líquido viscoso. Esta resistencia a la compresión coincide con la que presentan las pastas elaboradas con la cantidad de agua correspondiente al límite líquido de Atterberg.

En principio, un aumento de la plasticidad de una pasta produce:

- Una mayor ductibilidad de los productos moldeados.

- Una retención mayor de agua que se traduce en una mayor contracción de secado y un aumento de la posibilidad de formación de grietas.
- Una disminución de la velocidad de formación de pared en el caso de moldeo por colado.

Límites de Atterberg

Una arcilla es más plástica cuanto más separados están su límite plástico (Tanto por ciento de agua mínimo que hace que sea moldeable una pasta cerámica) y su límite líquido (porcentaje de agua añadida a la pasta que hace que ésta no tenga la suficiente resistencia mecánica para ser moldeable).

La técnica experimental de la determinación de los límites está basada en los trabajos realizados por Atterberg, completados posteriormente por Casagrande. Puede usarse para el estudio del comportamiento de las mezclas de cualquier material de granulometría fina con agua.

Para el estudio del problema se considera una pasta de agua y arcilla que se seca progresivamente, pasando del estado líquido al plástico y finalmente al sólido. Es fácil intuir que existirán unos puntos en los que se pasa de un estado a otro, al menos en teoría, es decir, límites de cada estado. Estos son los definidos por Atterberg como límite líquido (LL) y límite plástico (LP).

Atterberg también definió un "índice de plasticidad" calculado como la diferencia entre el límite líquido y el límite plásticos. Este límite indica el margen de contenidos de agua en que es trabajable una arcilla y se dice que una arcilla es "más plástica " que otra si tiene un índice de plasticidad superior.

1.6 Aglutinantes usados en la fundición para la preparación de mezclas de arena para moldes.

Aglutinantes inorgánicos

- Arcilla.
- Bentonita.
- Óxido de hierro.

- Cemento.
- Silicato de sodio.
- Harina de sílice.

Aglutinantes orgánicos

- Cereales.
- Almidones.
- Harina de maíz.
- Dextrina.
- Harina de madera.
- Melaza.
- Alquitrán.
- Resinas.
- Aceites.
- Carbón vegetal.

Los aglutinantes comerciales ocultan su verdadera condición porque con frecuencia son mezclas en proporciones diversas y forman una gama de productos difícilmente controlables.

La función de los aglutinantes inorgánicos y orgánicos, es recubrir la superficie de los granos de arena para desarrollar las propiedades de cohesión y plasticidad requeridas en la preparación de moldes y corazones.

En todos los ensayos se hace una evaluación de las propiedades de las mezclas de arena en forma normal y reproducible que permitan determinar las características de la mezcla.

1.7 Moldeo en arena.

Según (Canek, 2007), para preparar un molde que después se va a llenar con metal fundido es una tarea que necesita una preparación previa de unas reproducciones de la pieza que se llama modelo.

Una vez preparado ese modelo, se colocará en una caja especial, denominada caja de moldeo. Tras ello, se llena de arena especial y se apisona con energía. Después se extrae el modelo y queda en la arena un hueco que reproduce la forma de la pieza, es decir, el molde. Dicha extracción debe estudiarse previamente y hacerse de forma metódica.

Al estar retirado el modelo, se puede verter el metal fundido en el molde a través de unos canales llamados bebederos, llenando el molde por completo. Seguidamente se deja enfriar el molde hasta que el metal solidifique por completo a temperatura ambiente, momento en el cual se desmonta el molde, se quita los bebederos, se limpia la arena adherida a la pieza, eliminamos las rebabas y nos queda la pieza ya dispuesta.

1.8 Modelo que se utilizan en el moldeo de arena.

El modelo es la pieza que se pretende reproducir, pero con algunas modificaciones derivadas de la naturaleza del proceso de fundición y el mismo tendrá las siguientes características:

- Será ligeramente más grande que la pieza, ya que se debe tener en cuenta la contracción de la misma una vez se haya extraído del molde.
- Las superficies del modelo deberán respetar unos ángulos mínimos con la dirección de desmoldeo (la dirección en la que se extraerá el modelo), con el objetivo de no dañar el molde de arena durante su extracción. Este ángulo se denomina ángulo de salida.
- 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.

1.9 Conclusiones parciales:

En este capítulo se presentan las principales características de las mezclas de moldeo que existentes en la fundición y se exponen las propiedades de las mismas. Además se muestran que las diferentes arenas de moldeo que existen, son la de cuarzo, sílice, olivina, cromita, bauxita y la fluida entre otras. Seguidamente se realiza una breve clasificación de las arenas naturales que se utilizan. También se exponen los tipos de arcillas y se explica cuando es que estas presentan mayor plasticidad. Después se da a conocer los distintos aglutinantes orgánicos e inorgánicos que se usan para la preparación de mezclas para moldes. Se describe el proceso de moldeo en arena y las características que presentan el modelo para dicho proceso.

CAPITULO II. Estudio del proceso de producción de la cafetera EIMPUD.

En este capítulo se realiza el estudio del proceso de producción de la cafetera EIMPUD por coquilla y por el nuevo método de machos de arena, donde se explica esencialmente el proceso de fundición de estos.

2.1 Tecnología de fundición de las cafeteras EIMPUD por coquilla.

En la actualidad el proceso tecnológico de producción de las cafeteras EIMPUD por coquilla se lleva a cabo según las siguientes etapas.

- Fundición de los vasos superior e inferior y de la tapa.
- Maquinado.
- Pulido y fregado.
- Ensamblado.

El proceso de fundición del vaso superior comprende los siguientes pasos:

1. Revisar coquilla y limpieza de machos.
2. Precalear coquilla y machos a una temperatura de 200 – 250 °C.
3. Abrir coquilla, pintar cavidades y machos con las pinturas establecidas.
4. Cerrar coquilla y precalentar una temperatura de 250 – 300 °C.
5. Producción de la pieza que incluye vertido y extracción.

En la figura 2.1 se muestra el plano del vaso superior.

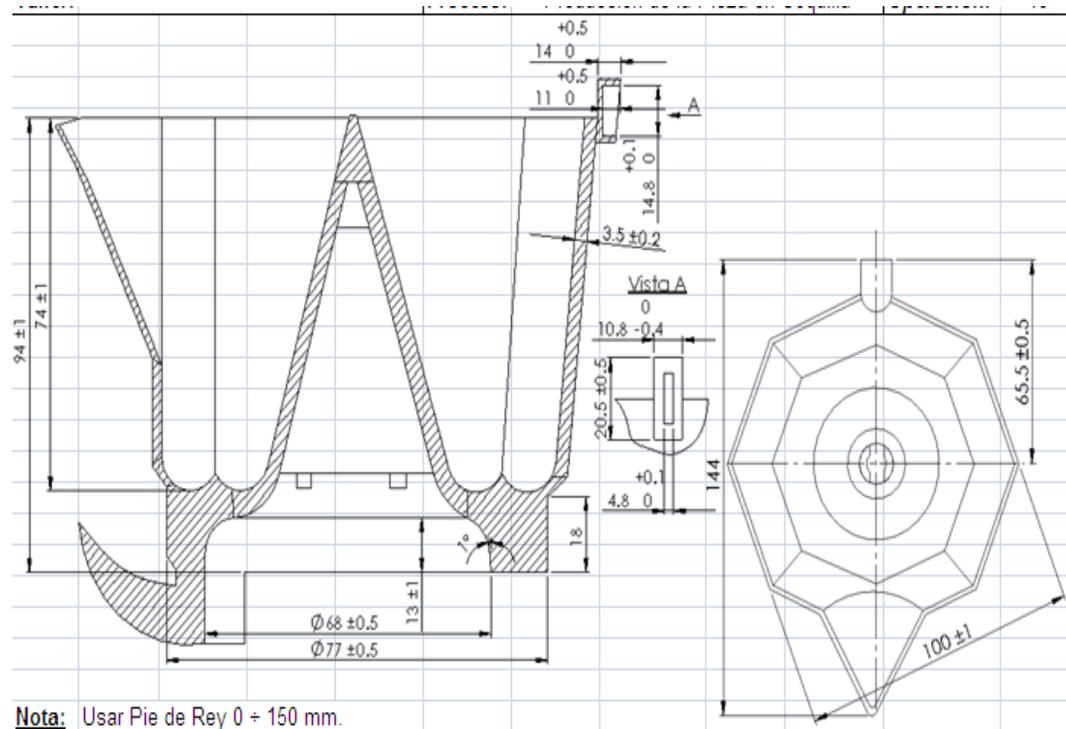


Figura 2.1. Plano del vaso superior de la cafetera por el método de coquilla.

El proceso de fundición del vaso inferior comprende los siguientes pasos:

1. Revisar coquilla y limpieza de machos.
2. Precalear coquilla y machos a una temperatura de $200\text{ }^{\circ}\text{C}$.
3. Abrir coquilla, pintar cavidades y machos con las pinturas establecidas.
4. Cerrar coquilla y precalear a una temperatura de $200 - 300\text{ }^{\circ}\text{C}$.
5. Producción de la pieza que incluye vertido y extracción.

En la figura 2.2 se muestra el plano del vaso inferior.

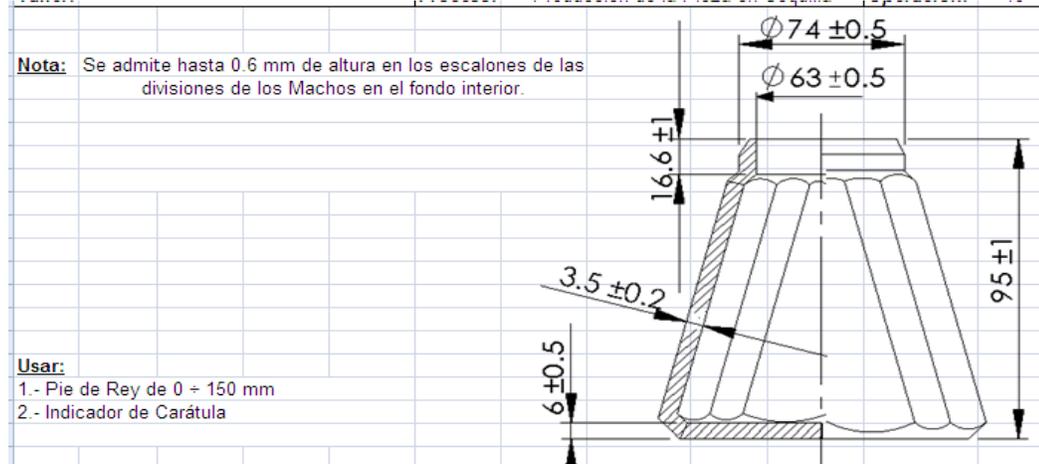


Figura 2.2. Plano del vaso inferior de la cafetera por el método de coquilla.

El proceso de fundición de la tapa comprende los siguientes pasos:

1. Revisar coquilla y limpieza de machos.
2. Precalentar coquilla y machos a una temperatura de 200 – 250 °C.
3. Abrir coquilla, pintar cavidades y machos con las pinturas establecidas.
4. Cerrar coquilla y precalentar a una temperatura de 250 – 300 °C.
5. Producción de la pieza que incluye vertido y extracción.

2.1.1 Tecnología de Maquinado.

El proceso de maquinado del vaso superior comprende los siguientes pasos:

1. Colocar el vaso en el anillo porta pieza.
2. Se coloca el anillo porta pieza en la mordaza de sujeción.
3. Refrentar.
4. Fresar diámetro interior de la rosca.
5. Hacer salida de rosca.
6. Biselar interior y exterior.
7. Repasar salida de rosca.

8. Roscar.
9. Retirar la pieza del torno y colocarla en la bandeja.

En los anexos del I al VI se muestra el proceso de maquinado del vaso superior de la cafetera.

El proceso de maquinado del vaso inferior comprende los siguientes pasos:

1. Colocar la pieza en la mordaza de sujeción.
2. Refrentar, cilindrar y fresar fondo interior.
3. Refrentar y hacer escalón.
4. Tornear fondo interior y hacer salida de rosca.
5. Biselar y eliminar rebaba del diámetro interior.
6. Roscar, cilindrar diámetro interior y eliminar rebabas y aristas.

En los anexos del VII al IX se muestra el proceso de maquinado del vaso inferior de la cafetera.

En las siguientes figuras 2.3 y 2.4 se muestran el plano del vaso inferior para el proceso de maquinado.

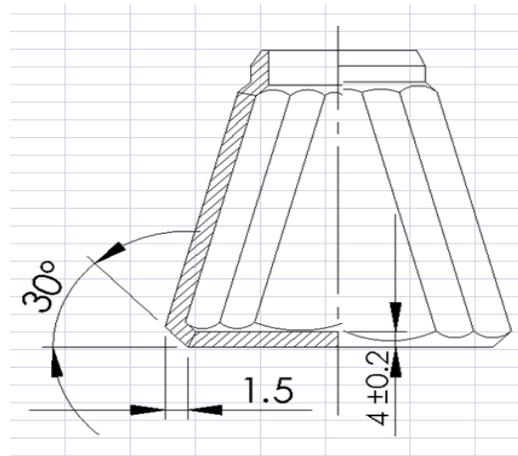


Figura 2.3. Plano del vaso inferior de la cafetera.

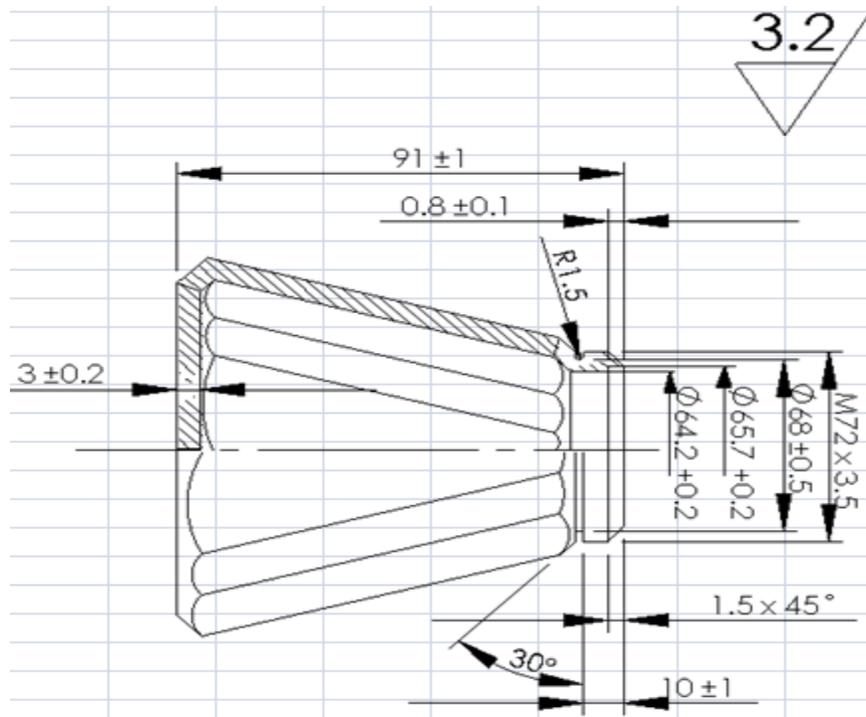


Figura 2.4. Plano del vaso inferior.

2.1.2 Herramientas que se utilizan para el maquinado.

Para el maquinado del vaso superior se utilizan las siguientes herramientas:

1. Dos cuchillas calzadas BK 8.
2. Una cuchilla calzada BK 8.
3. Una fresa especial.
4. Una cuchilla circular.

Ver anexos del X al XII.

2.1.3 Pulido y fregado.

Para realizar el pulido y el fregado se siguen los siguientes pasos:

1. Se realiza el esmerilado y un prepulido con pasta de pulir y mota.
2. Después se hace el pulido químico.

2.2 Elementos fundamentales del control de la calidad, la gestión ambiental y tecnológica.

En el proceso de obtención de la cafetera por fundición en coquilla existe un técnico de control de la calidad que examina desde el comienzo de la operación la limpieza de los moldes, así como la temperatura del aluminio en los hornos. Luego de fundidas las piezas el técnico controla la calidad de estas por observación determinando la ausencia de poros y grietas. Realiza también un muestreo a cada lote controlando la profundidad de las pestañas, la distancia entre ellas así como el diámetro del orificio para el tornillo, estas mediciones se realizan con el pie de rey. Las piezas continúan por la línea de producción hacia el área de rebabeo donde se controla la calidad final de la producción por medio de la observación al 100 % de las piezas, se inspecciona que no tengan rebabas y poros, este control lo realiza otro técnico de calidad.

Este proceso es uno de los más atrasados en la planta Kupres, las máquinas porta coquillas están sobre utilizadas por lo que se rompen con frecuencia lo cual motiva paradas sistemáticas del proceso para las reparaciones y mantenimientos, influyendo negativamente en la producción y su costo. Además, existe contaminación ambiental producto a que los extractores de los hornos basculantes no funcionan a su máxima capacidad y están ubicados en una posición en la que el aire trae de nuevo los gases a la planta, para contrarrestar esto se le añade a los hornos un gasificador ambiental. Los hornos de mantenimiento no tienen extractores locales lo que provoca una temperatura en la planta entre 35 y 38 °C.

Las máquinas esmeriladoras y rebabeadoras tienen también extractores de limallas pero estos necesitan de una reparación por su gran tiempo de uso, lo cual provoca contaminación en el medio ambiente.

2.3 Tecnología de fabricación del vaso inferior de la cafetera por machos de arena.

La tecnología de fabricación del vaso inferior de la cafetera por machos de arena consta con los siguientes pasos:

- Moldeo.
- Fundición.

- Selección del material.
- Maquinado.
- Pulido.
- Secado.

2.3.1 El proceso de moldeo consta de los siguientes pasos.

1. Se realiza de forma manual utilizando cajas de machos de madera.
2. La arena empleada para hacer los machos se cisa previamente para eliminar las impurezas y de esta forma obtener un material con granos uniformes.
3. Posteriormente los machos de arena se almacenan en estantes, clasificados según el modelo que se va hacer.

Las herramientas que se utilizan son los mazos de madera, la caja de macho, y una buena base de madera donde se pre monta el macho de arena.

2.3.2 Proceso de fundición.

1. Se utilizan hornos de mantenimiento con dos posiciones a 180° para un operario en cada una.
2. El operario toma el macho de arena lo coloca en un inserto que fija la posición.
3. Sopla con aire para eliminar los granos de arena que pudieron haberse desprendidos.
4. Cierra la coquilla manualmente y vierte el aluminio que toma del horno de mantenimiento con un caso en cantidad suficiente para admitir el llenado del semiproducto.
5. Toma el vaso inferior fundido en el ciclo anterior con unas tenazas y procede a retirarle la arena de su interior, vertiéndola en un recipiente que tiene a su lado.
6. Después se abre la coquilla, tomándose el vaso inferior ya fundido con tenazas y se pone boca abajo sobre el depósito donde se vierte la arena que se retira del vaso e inicia el ciclo nuevamente.

Con este procedimiento se optimiza el tiempo de enfriamiento y después se retira la arena que está dentro del vaso.

Ver anexos del XIII al XIX.

En la siguiente figura se muestra el diseño de la caja de macho con el mismo adentro listo para verterle el aluminio para la elaboración del vaso inferior.

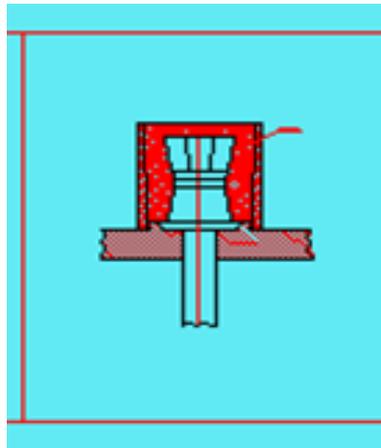


Figura 2.5. Caja de macho con el mismo dentro.

2.3.3 Selección de las piezas.

Para la selección de las piezas se encargan dos o tres operarios en dependencia del volumen de producción.

Se seleccionan las piezas a maquinar según el modelo y lo van colocando en cajas para su maquinado.

2.3.4 Tecnología de Maquinado.

1. Colocar el vaso en el torno.
2. Refrentar el fondo.
3. Fresar diámetro interior de la rosca.
4. Hacer salida de rosca y biselar interior y exterior.

5. Repasar salida de rosca.
6. Roscar.
7. Descargar la pieza del torno y colocar la pieza en la bandeja.

El equipo que se utiliza es un torno CNC que tiene una pieza patrón para verificar que la operación se está realizando correctamente.

2.3.5 Proceso de pulido.

1. Se realiza el esmerilado y un prepulido con pasta de pulir y mota.
2. Después se hace el pulido químico.

2.3.6 Proceso de secado.

Las cafeteras después de haber pasado por el proceso de pulido pasan por una banda transportadora que las traslada por un calefactor donde se secan.

En los anexos XVII al XXIII se muestra cómo es que se realizan la elaboración de los vasos inferiores de la cafetera por machos de arena.

2.4 Identificación de peligros en las diferentes etapas del proceso.

El proceso de fundición está dividido por varias etapas como se muestran a continuación y en cada una existen peligros y medidas preventivas que se deben tomar.

Etapas del proceso de fundición

- Fusión y colada del metal.
- Fabricación de moldes.
- Fabricación de macho.
- Vaciado.
- Desbarbado.

2.4.1 Fusión y colada del metal.

En el proceso de fusión y colada existen los siguientes peligros y medidas preventivas que se tienen que tener en cuenta

Peligros

- Caída de objetos pesados (fundamentalmente la materia prima cargada en el horno).
- Quemaduras por proyección del metal fundido.
- Caídas a diferente nivel desde la plataforma de carga al horno.
- Intoxicación de monóxido de carbono.
- Sobresfuerzos por levantamiento de cargas.
- Desprendimiento de vapores durante la colada.

Medidas Preventivas

- Orden y limpieza en las áreas de trabajo: todos debemos contribuir a que nuestro puesto de trabajo se encuentre libre de suciedad, sustancias resbaladizas o residuos y con los elementos de trabajo bien ordenados. Para la fusión y refinado del metal, los hornos son cargados por su parte superior con que, arribó, piedra caliza y chatarra de hierro o acero. Y para reducir el riesgo de caída de objetos pesados debido a la irregularidad de la misma carga, la limpieza y supervisión de los montones de materia prima son medidas eficaces.
- A la hora de reducir la chatarra a un tamaño manejable para la carga del horno y llenado de las tolvas, suelen utilizarse mazas rompedoras y grúas con grandes electroimanes. Para reducir el riesgo de proyección de fragmentos, es necesaria una correcta protección de la cabina grúa y una adecuada formación de los operarios.
- Ante el peligro de intoxicación por monóxido de carbono, se dispondrá de un equipo de respiración y reanimación, y los operarios conocerán las instrucciones para su manejo. Asimismo se limitarán los tiempos de exposición.
- Los trabajadores deben tomar rigurosas medidas de protección personal. Uso de guantes, cascos, pantallas faciales con cristales tintados y prendas resistentes a las quemaduras.

2.4.2 Fabricación de moldes.

Peligros

- Inhalación o ingestión de sustancias nocivas durante los diferentes procesos de trabajo.
- Sobre esfuerzos.
- Incendio durante el revestimiento del molde, exceso de calor por el propio proceso.

Medidas Preventivas

- Afecciones diversas debido a exposición a los productos de descomposición térmica. Se debe evitar que dichas sustancias entren en contacto con la piel y los ojos.
- Se recomienda contar con aspiración localizada al manejar mezclas de arena que contengan resinas. Para proteger el contacto dérmico, es aconsejable utilizar cremas, barreras y para las proyecciones a los ojos, gafas de seguridad.
- El riesgo de inhalación de polvo disminuye cuando la arena está humectada o mezclada con resina líquida.
- Limitación de los tiempos de exposición. Los recubrimientos se aplicarán en una cabina ventilada para evitar que los vapores orgánicos se difundan en el ambiente de trabajo.
- Se debe evitar en lo posible los sobreesfuerzos en la manipulación de objetos grandes y voluminosos como los propios moldes o las cajas de moldeo.

2.4.3 Fabricación de machos.

En este proceso de fabricación se trabaja con un modelo cuya forma interna corresponde a la externa del macho, pero de dimensiones superiores para compensar la contracción del metal después de la colada.

Peligros

- Inhalación de vapores en la cocción de machos.
- Abrasiones en manos.
- Afecciones diversas por contaminantes químicos.

Medidas Preventivas

- Instalación de un buen sistema de extracción.
- Suministro directo de aire a la zona de trabajo del operador.
- Protección de las manos para evitar la posibilidad de abrasiones.

2.4.4 Vaciado.

Proceso por el cual se extrae la pieza de la caja de moldeo y se desprende todo el material que no forma parte de la misma.

Peligros

- Choques, golpes, caídas de objetos
- Ruido durante el proceso de extracción
- Inhalación de polvo o sustancias nocivas

Medidas Preventivas

- La masa principal del molde normalmente se separa de la pieza de fundición con una fuerte sacudida. Este proceso es muy ruidoso y con frecuencia da lugar a un nivel de presión sonora muy superior a los 90 dBA/Leq, nivel límite para una jornada laboral de ocho horas. Si no es posible reducir el ruido, deberán suministrarse protectores para los oídos.
- Aspiraciones localizadas en fuentes de emisión de polvo y nieblas de aceite.

2.4.5 Desbarbado.

Después de vaciado se procede a la limpieza de la pieza de fundición o desbarbado. Esta limpieza conlleva la eliminación de aristas vivas y metal superfluo, así como arena adherida a la pieza. Para ello será necesaria la utilización de herramientas de mano o herramientas neumáticas portátiles.

Peligros

- Proyección de fragmentos y posibles Peligros de cortes en el proceso de limpieza de la pieza.
- Inhalación de partículas de polvo.
- Atrapamientos y caídas de objetos producidos por la utilización de herramientas manuales y durante la manipulación de cargas.
- Quemaduras y ruido producido principalmente por las herramientas manuales usadas.

Medidas Preventivas

- En el proceso de eliminación de mazarotas existe el riesgo de que se desprendan fragmentos de materiales, por lo que será necesaria la protección de los ojos.
- Aspiraciones localizadas. Los recintos dedicados a la limpieza por chorro de granalla sin aire deben ser lugares aislados, cerrados, con una adecuada instalación de extracción de polvo y con ausencia de fugas.
- Conservar las herramientas en buenas condiciones. Si se realizan movimientos repetitivos con herramientas manuales se deben usar herramientas ligeras y ergonómicas y que permitan realizar las tareas sin adoptar posturas forzadas ni requerir esfuerzos enormes.
- Instruir a los trabajadores en técnicas correctas de manipulación de cargas.

2.5 Conclusiones parciales:

En este capítulo se explicó el proceso tecnológico de fabricación de la cafetera EINPUD por coquilla y por el nuevo método de machos de arena. También se realizó un análisis de los elementos fundamentales del control de la calidad del proceso por coquilla, concluyendo que el mismo presenta un gran deterioro en el equipamiento tecnológico para la fabricación del vaso inferior de la cafetera y principalmente ocurre desgaste en la coquilla por su extenso tiempo de uso. Además se identificaron los peligros en las diferentes etapas del proceso de fabricación con machos de arena, siendo la más peligrosa la etapa de fusión y colada del metal porque en la misma pueden ocurrir quemaduras por inyección del metal fundido, caídas de objetos y existen desprendimiento de sustancias químicas por lo que esto afecta la seguridad del operario y contamina al medio ambiente.

CAPITULO III. Métodos y ensayos realizados

El objetivo de las pruebas en las arenas de fundición es predecir el comportamiento de una mezcla de arena durante la operación de colado. Los ensayos deben presentar las condiciones de operación prácticas con las que se trabaja en la industria de la fundición, una relación constante de la calidad de la pieza fundida con las propiedades de la arena, es base sólida para la formulación adecuada de la arena de moldeo.

3.1 Métodos de ensayo para caracterizar las arenas.

Para poder determinar las características de las arenas que se utilizan en la fundición hay que tener en cuenta varios parámetros importantes, como el tamaño, forma y distribución de los granos. También dependen de propiedades físicas y tecnológicas del molde como la permeabilidad, la porosidad, el acabado superficial y la resistencia mecánica. En un yacimiento pueden encontrarse granos de arena con dimensiones desde milímetros hasta algunos micrones. Entre las partículas más finas se encuentran los óxidos, carbonatos, caolines entre otras.

3.1.1 Determinación del contenido de humedad de la arena.

La humedad de una arena corresponde a la cantidad de agua que se vaporiza totalmente a la temperatura de 100 a 110 °C. En una arena arcillosa existe un determinado porcentaje de humedad para obtener una óptima cohesividad, por lo que se debe trabajar con límites de humedad determinados para evitar defectos en las piezas fundidas especialmente gases de la colada. La humedad de la arena se puede determinar por los siguientes métodos:

1. Con el secador de rayos infrarrojos: El secador se compone de una lámpara de rayos infrarrojos dotados de un reflector y de una cubeta.

Primeramente se colocan 50 gramos de arena en la cubeta, se mantiene bajo los rayos durante 5 minutos y el grado de humedad se obtiene de la diferencia entre el peso de la arena húmeda y el obtenido después del secado.

2. Bomba de acetileno (Botella Speedy). Se basa en la reacción con el carburo de calcio del agua que contiene la arena. El volumen de gas acetileno que se forma es proporcional a la cantidad de agua contenida en la muestra. La presión ejercida por este gas es proporcional al porcentaje de humedad de la arena que se lee directamente en el manómetro del aparato.

3. Con la estufa del laboratorio. Inicialmente se pesan en una cubeta 100 g de la muestra de arena, se hace subir la temperatura de la estufa hasta 100 o 110 °C. Seguidamente se pesa una primera vez luego de una hora de secado y continuar pesando periódicamente hasta obtener un peso constante dejándola enfriar en un secador.

El porcentaje de humedad de la arena se calcula por la siguiente expresión:

Ecuación #1:

$$\%humedad = \frac{P_i - P_f}{P_f} \times 100$$

Donde:

P_i- es el peso de la muestra.

P_f- es el peso final de la arena después de seca.

3.1.2 . Preparación de probetas norma para arenas de fundición.

La probeta norma se utiliza para ensayos de permeabilidad en verde o en seco, dureza, resistencia al corte y compresión en verde o en seco. La importancia de seguir el procedimiento recomendado para obtener probetas de acuerdo como lo establecen las normas es determinante para obtener resultados reproducibles en los ensayos que se hagan.

Las dimensiones y formas de las probetas para este tipo de ensayo, son cilíndricas con diámetro de 50,8 mm y longitud de 50.8 mm, el peso de la arena usada es de unos 150 g en función del mismo contenido de aglutinantes.

El equipo para la preparación de las probetas es de base metálica con recipiente tubular para comprimir la arena, apisonador con peso de 6.356 Kg. y un machuelo para la extracción de las probetas.

3.1.3 Determinación de la permeabilidad de la arena.

La permeabilidad es la propiedad física de la masa de arena moldeada en verde o en seco de permitir el paso de gases a través de la misma.

El alto contenido de aglutinante y material fino, el porcentaje de humedad, el grado de compactación son factores importantes que influyen en la permeabilidad de una arena.

Para determinar la permeabilidad de una arena de fundición se emplea la probeta de ensayo cilíndrica con diámetro y altura de 50.8 mm, y la velocidad de flujo del aire bajo presión constante de 10 cm de columna de agua que pasa a través de la probeta.

El permeámetro que se utiliza se debe sellar herméticamente con mercurio al molde invertido que lleva la probeta con el permeámetro.

Posteriormente se levanta lentamente la campana para llenarla con aire hasta la señal indicativa de 2000 cm³ de aire, se abre la válvula del permeámetro y se contabiliza el tiempo de la descarga total de la campana y finalmente se mide la presión en el manómetro.

Ecuación #2:

$$\text{Número de permeabilidad} = \frac{V \times h}{p \times A \times t}$$

V, volumen del aire que pasó por la probeta (2000 cm³).

t, tiempo de paso del aire en segundos.

h, Altura de la probeta en cm (50.8 cm).

A, Sección de la probeta (20.268 cm²).

p, Presión del aire en g/cm² (10 cm²).

3.1.4 Determinación de la resistencia de la arena.

La resistencia de una mezcla de arena para fundición se puede determinar por medio de ensayos de compresión, el corte en verde y en seco. La resistencia a la compresión y al corte en verde es la resistencia máxima que una probeta normalizada es capaz de soportar

cuando se aplica una carga creciente en forma continua hasta que se produzca la rotura por la presión aplicada (en lb/plg²) a las dos mitades diametralmente opuestas de las dos superficies planas de la probeta.

3.1.5 Resistencia a la cizalladura o corte.

Las resistencias en verde obtenidas en las probetas ensayadas con la máquina universal de resistencia se pueden graficar para hacer una evaluación de las propiedades aglutinantes y grado de saturación de la arena usada en base a diversos grados de dureza en verde, el aumento de dureza en las mismas está en función del número de golpes que se den al momento de apisonar la arena.

3.1.6 Determinación de la dureza.

La dureza de la superficie de un molde o probeta, se determina por medio del probador de dureza o durómetro, con graduaciones en el indicador de 0 a 100 milésimas de pulgada con subdivisiones de una milésima, se pone el vástago en contacto con la superficie de la probeta, se aplica la carga al indicador presionando firmemente y se lee la profundidad de penetración en el indicador.

Es importante medir la dureza superficial de los moldes especialmente cuando se presentan problemas de excesiva dureza, generando sopladuras de superficie, o defectos de dureza originando penetración del metal en la arena, obteniéndose superficies rugosas e incrustaciones de arena. Un molde apisonado con una dureza de 40 a 50 es blando, de 50 a 70 es mediano, de 70 a 75 es duro de 85 a 100 es muy duro.

3.1.7 Determinación granulométrica.

La finura de una arena de moldeo se determina por el tamaño y distribución de sus granos, el objeto del ensayo es obtener la curva de distribución granulométrica de la arena.

La finura de la arena afecta las propiedades físicas que desarrollan las mezclas de arena para fundición, permeabilidad, resistencia, plasticidad, etc.

Cuando la arena tiene alto contenido de finos, se requiere para preparar mezclas, mayor cantidad de aglutinantes para obtener las propiedades físicas requeridas en el buen acabado de las piezas fundidas.

El procedimiento para la separación del tamaño de grano a través de una serie de cedazos metálicos de mallas decrecientes y organizados en forma vertical, consiste en pesar 100 gramos de arena seca previamente lavada, se coloca en el cedazo superior cubierto con la tapa y se inicia la vibración que debe ser de quince minutos.

Este procedimiento es aplicable a arenas que no contienen arcilla, arenas aglutinadas en forma natural o sintética, de las cuales se determina la cantidad de arcilla por lixiviación.

El análisis granulométrico de la muestra se calcula sobre una base del 100% de arena, pesando la cantidad retenida en cada malla para establecer el reparto porcentual de los granos en un diagrama de la curva de frecuencia del tamaño de grano (porcentaje de arena retenido en cada cedazo contra el número del cedazo), iniciando la operación de pesado por la malla superior hasta terminar con la bandeja del fondo y anotando los pesos obtenidos. El índice de finura indica el tamaño de grano que predomina y por lo tanto sirve para juzgar una arena de acuerdo con las exigencias de la superficie de la pieza.

Para calcular el índice de finura, se multiplica el peso de la sílice retenida en cada tamiz por el coeficiente de la columna C, se efectúa la suma de estos productos ($B \times C$), donde B es el % de retención y esta suma se divide por el peso de la muestra.

La gráfica del porcentaje retenido en cada tamiz contra el número del tamiz, representa la curva de distribución de la arena o la frecuencia de distribución del tamaño del grano basada en el análisis granulométrico. La forma de los granos de la arena se pueden observar al microscopio con 40 aumentos.

Seguidamente se realiza un gráfico donde se representa la curva del por ciento de granos acumulados por tamices. Este consiste que al primer tamiz que retuvo la arena se le asigna el por ciento retenido, pero al siguiente se le asigna el que retuvo más que el del tamiz anterior y así sucesivamente. De esta forma al último tamiz se le asigna el 100 % de la arena. La utilidad práctica inmediata de este gráfico es que a partir del 50 % ubicado en el eje (y) se traza una línea horizontal al eje y donde la perpendicular corte al eje, se obtendrá el valor de tamaño promedio del grano de la muestra de la arena ensayada (d_p).

De acuerdo con este valor de índice de finura, la arena se puede clasificar en:

- Arena muy gruesa, índice de finura menor de 18.

- Arena gruesa 18-35.
- Arena media 36-60.
- Arena fina 60-150.
- Arena finísima mayor de 150.

Seguidamente se realiza un gráfico donde se representa la curva del porcentaje de granos acumulados por tamices. Este consiste que al primer tamiz que retuvo la arena se le asigna el porcentaje retenido, pero al siguiente se le asigna el que retuvo más que el tamiz anterior y así sucesivamente. De esta forma al último tamiz se le asigna el 100 % de la arena. La utilidad práctica inmediata de este gráfico es que a partir del 50 % ubicado en el eje (y) se traza una línea horizontal al eje y donde la perpendicular corte al eje, se obtendrá el valor de tamaño promedio del grano de la muestra de la arena ensayada (dp).

3.1.8 Análisis Mineralógico.

Este análisis se realiza con la muestra de la arena después de haber pasado por el primer tamiz, para saber las propiedades físicas por la que está compuesta la arena, de esa forma se le puede clasificar en idónea o no para la fundición.

3.2 Ensayos reales realizados a la arena magra.

Para poder determinar las propiedades de la arena magra se realizó el análisis granulométrico, el químico, el mineralógico. Se definió el % de humedad relativa y absoluta y se determinó el % óptimo de humedad de la mezcla. Los primeros cuatro ensayos referenciados anteriormente se realizaron en el laboratorio de la empresa Geominera del Centro y el último de estos en el laboratorio de Planta Mecánica.

3.2.1 Análisis granulométrico real realizado a la arena que se utiliza en la elaboración de moldes para machos de cafeteras.

Este análisis se realizó en el laboratorio de la Geominera del Centro y en el mismo se trabaja con la Norma Sectorial NS 11- 06 -11 del año 1977.

El procedimiento utilizado para realizar el ensayo según dicha norma se presenta a continuación:

1. Determinar la masa de la muestra inicial y colocarla en el primer tamiz del juego. Ponerla en el vibrador durante 15 min.
2. Retirar el primer tamiz y verter el contenido cuidadosamente en una cápsula de porcelana de un diámetro mayor que el tamiz. Limpiar este con un cepillo de cerdas de nylon hasta que no queden granos retenidos en la malla.
3. Colocar el tamiz en otra cápsula de porcelana y verter el material contenido en la cápsula en el tamiz.
4. Tamizar a mano hasta que el tamizado sea menor del 0,1 % con relación a la muestra inicial.
5. Con la utilización de la brocha fina pasar el retenido a la cápsula, determinar la masa y el material tamizado se vierte en el siguiente tamiz y repetir el proceso en todos los tamices.
6. Determinar la masa de los retenidos, la suma de todos los retenidos no deben diferir a la cantidad inicial en más de 1%, si esto sucede hay que repetir el análisis.

El cálculo que se utiliza para determinar las fracciones de los granos retenidos.

Ecuación #3:

$$F = \frac{M_1}{M_2} \times 100$$

Donde:

F: es el porciento de la fracción.

M₁: masa del grano retenido sobre el tamiz en g.

M₂: masa de la muestra inicial, seca después de levigada.

La granulometría se expresa en base a las fracciones acumuladas. Se representa en un gráfico semilogaritmico correspondiendo la escala lineal en % acumulado de las fracciones y la otra a la abertura de los tamices.

De la curva acumulada se determinan los valores del diámetro promedio que corresponden a los tamaños que se obtienen del gráfico para los valores del % acumulado. Por medio de estos valores se determinan el tipo de arena según su granulometría.

La clasificación de la arena atendiendo el tamaño del grano promedio es:

- Muy gruesa $\geq 0,75$
- Gruesa $<0,75 \geq 0,40$
- Media fina $<0,40 \geq 0,20$
- Fina $<0,20 \geq 0,10$
- Muy fina $<0,10 \geq 0,063$
- Extra fina $<0,063 \geq 0,020$

Resultados obtenidos del análisis granulométrico.

Tabla 1. Resultados obtenidos del análisis granulométrico.

Muestra del tamiz utilizado	Peso específico por fracción (g)	% de retención	Acumulado del % de retención
0.3	2.6	2.8	2.8
0.149	5.6	6.1	8.9
0.125	3.8	4.1	13
0.106	7	7.6	20.6
0.088	5.9	6.4	27
0.075	6	6.5	33.5
0.063	4.5	4.9	38.4
0.053	13.2	14.4	52.8
0.045	7.3	7.9	60.1
0.037	0	0	60.7
0.02	16.2	17.6	78.3
-0.02	19.8	21.5	99.8

A través de estos resultados se realiza el gráfico de curva del por ciento de granos retenidos por tamices.

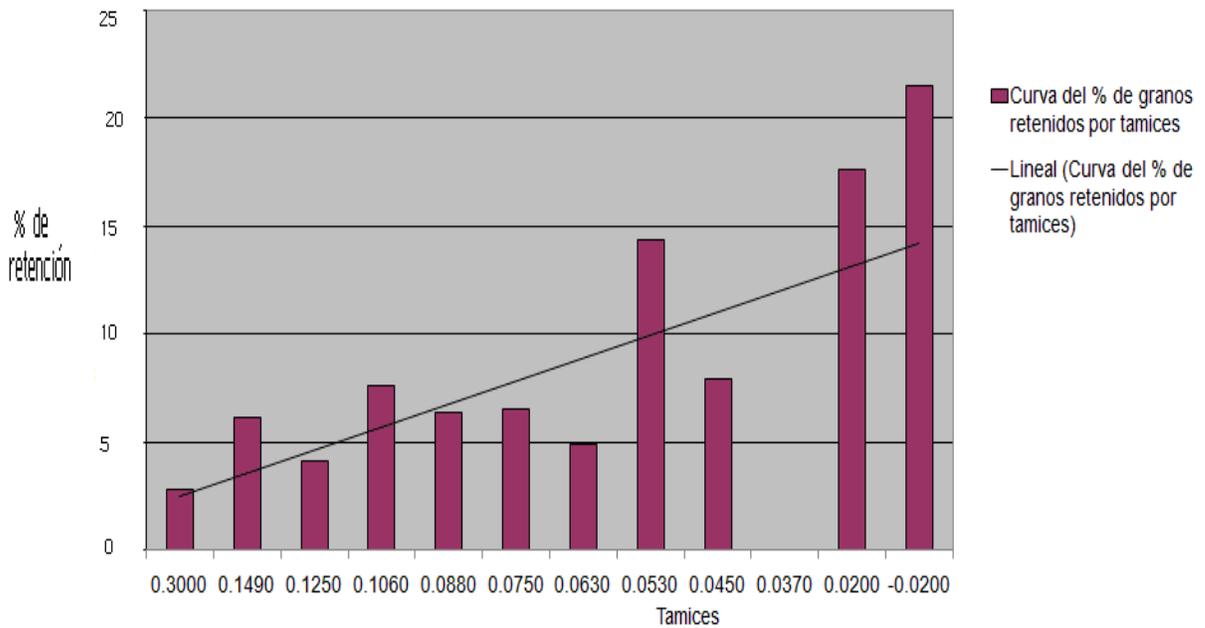


Gráfico 1. Curva del porcentaje de granos retenidos por tamices.

Este gráfico da una idea rápida de las características de la arena, este presenta una curva con un solo máximo indicando la tendencia de un tamaño de grano predominante y uniformidad en la arena.

También se calcula el tamaño promedio del grano de la muestra de la arena mediante el método del gráfico de curva del por ciento de granos acumulados por tamices.

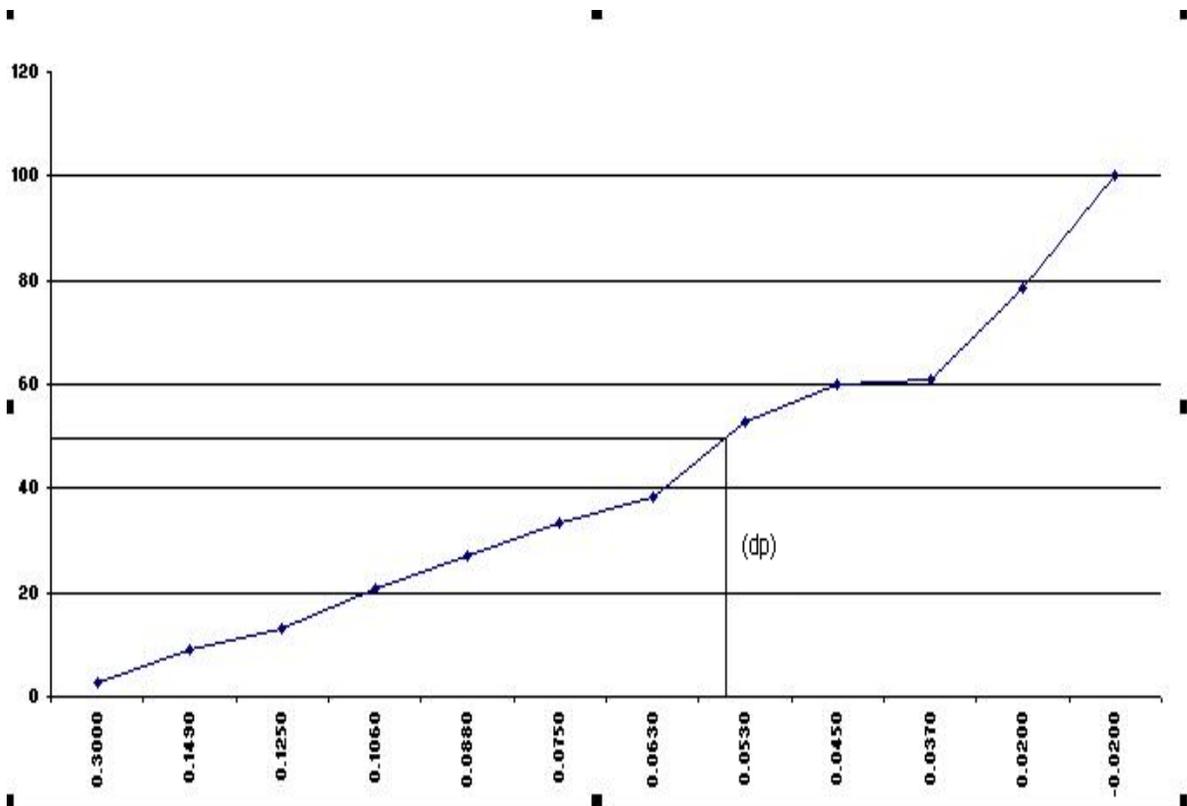


Gráfico 2. Curva del tamaño de grano (mm)

Según el método gráfico el tamaño promedio del grano de la arena (dp) es de 0.055 mm. Entonces se puede decir que es una arena muy fina.

3.2.2 Análisis mineralógico real.

Para la realización de este análisis se utilizó la Norma Ramal NRIB 861 del año 1986.

El procedimiento que se siguió para la elaboración de este ensayo según la norma esta es:

1. El compañero que se encarga de realizar los análisis toma un lote de muestras ya preparadas según la norma NRIB Mineralogía. Entonces realiza una preparación de muestras para análisis y verifica que contengan todos los datos plasmados.
2. De cada lote de muestra de mutuo acuerdo con los encargados de los proyectos, se ejecutaran del 80% al 90% de las muestras, el análisis mineralógico parcial y al otro 10% ó 20% del mineralógico completo.

3. Se toma el microscopio esteroscopio y se prepara para su uso. De acuerdo a la conveniencia se elegirán los oculares y objetivos, aunque se recomienda los oculares 8x y los objetivos que garantizan una visibilidad óptima de las muestras.

4. La fracción que vaya a ser analizada se esparce en la placa de vidrio y esta última se coloca al microscopio para su evaluación.

Evaluación cualitativa de las mezclas

1. Se procede a identificar cada mineral en la fracción que se analiza anotándose en la tarjeta u hoja de papel que se está plasmando los resultados.

2. Para la identificación de cada mineral, se utiliza cuanto método permita la consecución de este objetivo (determinación de propiedades físicas tales como forma de los cristales y la dureza, las cuales se determinan a través de microreacciones y el método inverso). Los valores obtenidos se comparan con los parámetros patrones, que pueden encontrarse en cualquier libro especializado.

Los resultados que se obtuvieron del análisis mineralógico de la arena magra

- Presenta carbonato y concreciones carbonatadas en su mayoría.
- Óxidos más hidróxidos de hierro.
- Cuarzo.
- Restos de vegetales.
- Restos de carbón vegetal.
- Magnetita.
- Micra biotita.
- Restos de conchas.
- Escamas oxidadas de zinc.
- Granos de sal común.
- Fragmentos de rocas de todo tipo.

En forma de conclusión se puede decir que la fracción está representada casi por toda su totalidad por el carbonato y concreciones carbonatadas.

3.2.3 Análisis químico real.

El análisis químico se realizó en el laboratorio de la Geominera del Centro y en el mismo se trabaja con la Norma Cubana NC 44-19 del año 1973. Esta establece los métodos de análisis químico para la determinación de óxido férrico, carbonato de calcio y dióxido de silicio.

Este análisis reportó los resultados que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados obtenidos.

% SiO ₂	6
% CaCO ₃	82,19
% Fe ₂ O ₃	4,64

Lo que falta para el 100% no se sabe lo que es, y no es Al₂O₃ porque no dio nada.

3.2.4 Análisis del % de humedad real.

Para la realización del análisis del % de humedad se utilizó la norma NS 11-02-07 del año 1978.

Pasos que se siguen para la elaboración del ensayo para determinar el porcentaje de humedad:

1. Se toma el peso inicial de la muestra.
2. Se pone en la estufa por una hora de secado a 105 °C - 110 °C.
3. Se saca de la estufa y se deja que se enfríe en secador.
4. Después que estaba fría se saca y se toma el peso final.
5. Finalmente se realizaron los cálculos correspondientes para determinar el % de humedad relativa y absoluta.

Cálculos a realizar para determinar el % de humedad:

Ecuación #4:

$$Ha = \frac{Mi - Mf}{Mf} \times 100 \% = \frac{90,3 - 89,8}{89,8} \times 100 = 0,6\%$$

Ecuación #5:

$$Hr = \frac{Mi - Mf}{Mi} \times 100 \% = \frac{90,3 - 89,8}{90,3} \times 100 = 0,5\%$$

Donde:

Ha: humedad absoluta.

Hr: humedad relativa.

Mi: masa húmeda de la porción del ensayo inicial.

Mf: masa en seco de la porción del ensayo final.

Tabla 3. Resultados obtenidos del análisis del % de humedad.

Mta	Pi (g)	Pf (g)	% Humedad abs	% Humedad rel
1	90.3	89,8	0.6	0.5

3.2.5 Prueba de resistencia a compresión de la mezcla para determinar el porcentaje de la humedad óptima de la misma.

Este análisis se realizó en el laboratorio de fundición de Planta Mecánica, en el mismo se sigue el siguiente procedimiento:

1. El especialista que realiza el ensayo al recibir la muestra de la mezcla confecciona las probetas Standard de diámetro 50*50 mm. En un tubo abierto o cerrado con dispositivo para su extracción, moldeándola en el retacador con 3 golpes que se utilizan para los ensayos de resistencia a la compresión en estado húmedo o seco de las mezclas y para el ensayo de resistencia a la tracción o en las cajas o dispositivos con las dimensiones requeridas para los ensayos de resistencia al cizallamiento y a la flexión.

2. La determinación de la resistencia a la compresión sobre muestras en estado seco o húmedo se realiza en rangos de:

Rco de 0 a 0,085 Mpa.

RcI de 0 a 0,13 Mpa.

RcII de 0 a 0,67 Mpa.

RcIII de 0 a 2,00 Mpa.

3. Se conecta el equipo a la corriente y para el ensayo a la compresión se coloca la mordaza articulada en el orificio del brazo sobre el eje del rango seleccionado y en el orificio de la base el soporte sobre el cual se coloca la mordaza estacionaria y sobre ésta la probeta apretándola con la mordaza articulada hacia ella mediante el tornillo de ajuste. Con la rueda manual se ajusta la escala al rango seleccionado y se arranca el equipo con el botón comprimiéndose la muestra hasta su destrucción y leyéndose el resultado marcado en la escala. Si la muestra no es destruida cambie para un rango superior utilizando una nueva probeta.

Resultados obtenidos del ensayo de resistencia realizado a la arena

Tabla 4. Resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la arena:

Contenido de los componentes %	% de Humedad (30 ml de agua)	Resistencia(MPa)
Arena		
3000g	3	0.039
3000g	4	0.045
3000g	5	0.045
3000g	6	0.045
3000g	7	0.050
3000g	8	0.055
3000g	9	0.049
3000g	10	0.047
3000g	11	0.046

Finalmente con los resultados anteriores se determina la humedad óptima de la arena mediante el método del gráfico.

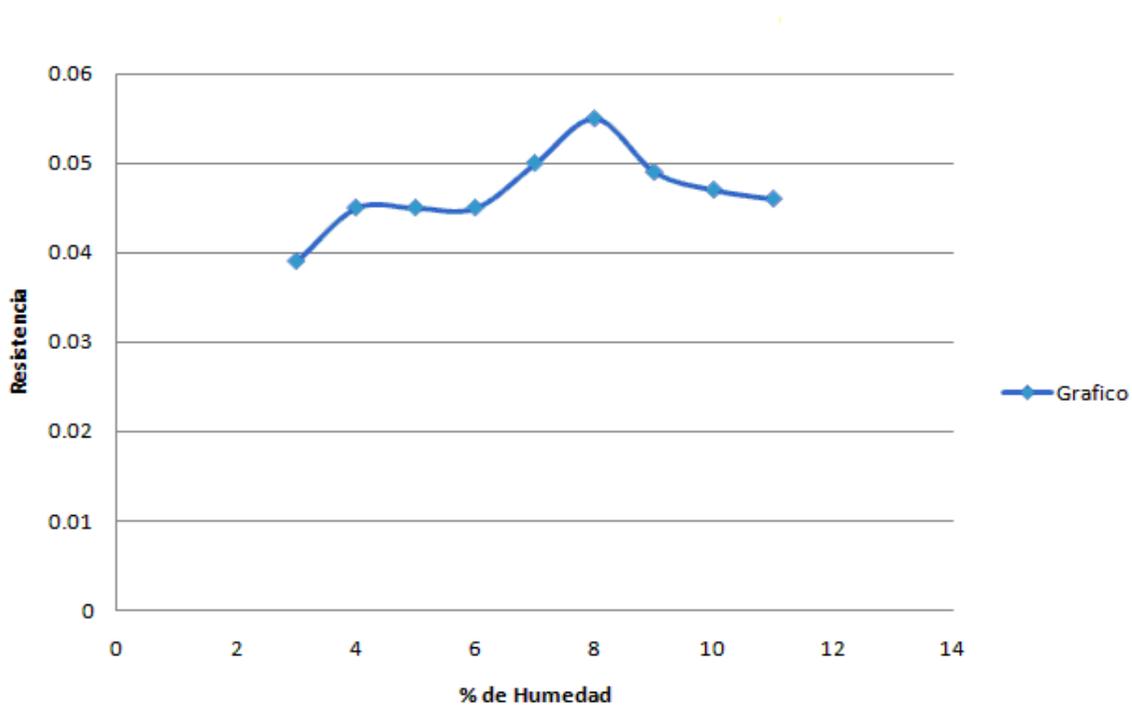


Gráfico 3. Determinación de la Humedad Óptima.

En este gráfico se muestra el % de humedad óptima que es de un 8% con una resistencia de 0,055 MPa. Por lo que esta es la cantidad de agua que se le debe añadir a la arena para que tenga buena resistencia.

3.3 Conclusiones parciales:

En este capítulo se realizó el análisis granulométrico determinándose que el tamaño promedio del grano de la arena (d_p) es de 0.055 mm, por lo que se concluyó que es una arena muy fina. También se analizaron las propiedades químico físicas de la misma obteniendo que está representada casi por toda su totalidad por el carbonato y concreciones carbonatadas. Se determinó que el porcentaje de humedad relativa y absoluta de la arena es bajo por lo que esta se puede utilizar para la realización del macho del vaso inferior de la cafetera. Además se halló que el porcentaje de humedad óptima de la mezcla es de un 8%.

CONCLUSIONES

1. Mediante el análisis granulométrico se determinó que el tamaño promedio del grano de la arena magra utilizada es de 0,055mm, catalogándose como fina lo cual pudiera influir en la salida total de los gases por una permeabilidad no adecuada provocando defectos en las piezas elaboradas.
2. Como resultado del análisis de las propiedades químico-físicas se obtuvo que la arena está compuesta en su mayoría por carbonatos y concreciones carbonatadas, esto conlleva a una baja refractariedad.
3. Se determinó que el porcentaje de humedad relativa de la arena es de 0,5 % y el de humedad absoluta de 0,6 %, pudiéndose utilizar para la elaboración de los machos para el vaso inferior de la cafetera.
4. El porcentaje de humedad óptima de la mezcla para la elaboración de machos para el vaso inferior de la cafetera es del 8 %, siendo el adecuado para obtener la mezcla para la preparación de los machos.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar la prueba de dureza a los machos de arena previamente elaborados con el % óptimo de humedad que lleva la mezcla, para determinar si presenta la resistencia adecuada para la elaboración del vaso inferior de la cafetera.
2. Cuando se vaya a elaborar el vaso inferior de la cafetera se recomienda buscar una ventilación artificial, para la salida de los gases debido a la baja permeabilidad que esta presenta.
3. Se recomienda realizar un análisis de Peligros en las diferentes etapas del nuevo proceso de fabricación del vaso inferior de la cafetera con machos de arena.

BIBLIOGRAFIA

Alvarez, B., (2008). Práctica 6. "*Propiedades de las arcillas. Plasticidad*". URL: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Practica6.PropiedadesArcillas.PLASTICIDAD.pdf>

(Consultado el 2 de marzo del 2012)

Andrade, R., et al. (2005). "*Foundry sand recycling in the troughs of blast furnaces: a technical note.*" *Journal of Materials Processing Technology* 159(1): 125-134.

URL:[http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TGJ-4F2V5J3-](http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TGJ-4F2V5J3-1/2/6311e4c07da16930b5a95025a890b815)

[1/2/6311e4c07da16930b5a95025a890b815](http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TGJ-4F2V5J3-1/2/6311e4c07da16930b5a95025a890b815). (Consultado el 26 de febrero del 2012)

Barba, H., (2010). "*Determinación de los Parámetros de Fluidéz y Llenado de Moldes de Fundición de Aleaciones de Aluminio-Silicio*". URL: <http://dspace.esPOCH.edu.ec>

(Consultado el 2 de marzo del 2012)

Bilbaol, A., C. Vizcayno., (1980). "*Bentonitas para la Industria de la Fundición. Análisis Termico, Superficie Especifica y Espectroscopia de Absorción*". URL:

<http://books.google.com> (Consultado el 2 de marzo del 2012)

Canek, J., (2007). "*Práctica de Moldeo y Fundición en Farmacia – Procesos de Manufactura*". URL:[http://www.monografias.com/trabajos63/moldeo-fundicion/moldeo-](http://www.monografias.com/trabajos63/moldeo-fundicion/moldeo-fundicion2.shtml)

[fundicion2.shtml](http://www.monografias.com/trabajos63/moldeo-fundicion/moldeo-fundicion2.shtml)(Consultado el 2 de marzo del 2012)

Chevriot, R., Ganon, M., & MAUX., G. L. 1972. "*Arena fluida: Procedimiento industrial para la obtencion de moldes de alta resistencia*". Versión española, T de la Rosa.

Colectivo de autores., (2012). "*Fundiciones Férrreas y no Férrreas en Arena, Coquilla y Fundición a Presión*". *Revista Fundidores*. N^o.185. pp. 2-44. URL:

<http://www.metalspain.com>.(Consultado el 20 de mayo del 2012)

- Gerling, H. (1979). *"Moldeo y conformación: libro de consulta acerca de los procedimientos de fabricación"*. URL: <http://books.google.com>. (Consultado el 10 de abril del 2012)
- Guney, Y., Y. D. Sari, et al. (2010). *"Re-usage of waste foundry sand in high-strength concrete"*. Waste Management 30(8-9): 1705-1713. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article> (Consultado el 10 de abril del 2012)
- Hernández, E. (2001). *"Influencia de la humedad en el comportamiento de la resistencia a la compresión en mezclas de moldeo"*. URL: <http://ceramicayvidrio.revistas.csic.es> (Consultado el 25 de enero del 2012)
- Hernández, J. (2005). *"Propiedades de las mezclas y materiales de moldeo. Tecnología de Fundición"*. URL: <http://dialnet.unirioja.es>. (Consultado el 19 de noviembre del 2012)
- Hernández, J. (2002). *"Difusión de humedad en mezclas de moldeo para machos de fundición"*. URL: <http://ceramicayvidrio.revistas.csic.es/pdf>. (Consultado el 10 de enero del 2012)
- Lahl, U. (1992). *"Recycling of waste foundry sands."* Science of The Total Environment. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V78-48XV20J>. (Consultado el 2o de abril del 2012)
- Marcozzi, R. and Sota, J., (2008). *"Mezclas asfálticas en caliente: un medio para la valorización de residuos de arenas de fundición"*. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V78>. (Consultado el 10 de junio del 2012)
- Marcozzi, R., (2008). *"Mezclas asfálticas"*. URL: <http://latindex.ucr.ac.cr>. (Consultado el 10 de junio del 2012)
- Méndez, L. and Delvasto, P., (2007). *"Diseño y fabricación de moldes para solidificación direccional en aleaciones de aluminio"*. URL: <http://scielo.org.ve/pdf> (Consultado el 12 de mayo del 2012)
- Mendonça, E., et al. (2007). *"Respiratory impairment in Brazilian foundry workers exposed to sand"*. American Journal of Industrial Medicine. URL: <http://dx.doi.org/10.1002/ajim.20413>. (Consultado el 18 de mayo del 2012)

- Monroy, A. F. (2000). "*Arenas de fundición*". URL: <http://www.fullmecanica.com/a/arenas-de-fundicion>. (Consultado el 20 de enero del 2012)
- NS 11-06-11 (1977) Norma Sectorial. "*Análisis y clasificación granulométrica*".
- NS 11-02-07 del año 1978. Norma Sectorial. "*Determinación de la Humedad*".
- NRIB 861 (1986). Norma Ramal Mineralogía Jagua. "*Análisis Mineralógico*".
- NC 44-19 del año (1973). Norma Cubana. "*Métodos de análisis químico para la determinación de óxido férrico, carbonato de calcio y dióxido de silicio*".
- Quintero, N., et al. (2008). "*Influencia de la mezcla resina-arena sobre el acabado superficial de piezas vaciadas*". URL: <http://dialnet.unirioja.es> (Consultado el 19 de noviembre del 2012)
- Rosales, E. (2009). "*Tecnologías de arena de moldeo*". URL: <http://es.scribd.com/doc/23823694/tipos-de-arenas>. (Consultado el 10 de abril del 2012).
- Ruiz, J. (2000). "*Higroscopicidad en mezclas de moldeo para machos de fundición*". URL: <http://ceramicayvidrio.revistas.csic.es> (Consultado el 25 de abril del 2012).
- Ruiz, J. and Morales, E., (2000). "*Humectación de mezclas de moldeo para machos de fundición*". URL: <http://ceramicayvidrio.revistas.csic.es>. (Consultado el 25 de abril del 2012)
- Salcines, C., (1985). "*Arenas y arcillas de moldeo. Tecnología de Fundición*". Tomo I Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana. Cuba.
- Sánchez, I. (2011). "*Diseño y construcción de una tamizadora de arenas para moldes de fundición*". URL: <http://dspace.ups.edu.ec>. (Consultado el 10 de marzo del 2012)
- Sánchez, J. and Raigoza, A. (2004). "*Estudio de Moldeo*". URL: <http://unalmed.edu.com>. (Consultado el 10 de marzo del 2012)
- Siddique, R., (2008) "*Utilization of spent foundry sand in controlled low-strength materials and concrete*". URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VDX-4TW53BB-1/2/9e3ae95fa1f75e89d1513cc403a7deed>. (Consultado el 20 de febrero del 2012)

Siddique, R., (2009) "*Effect of used-foundry sand on the mechanical properties of concrete*". URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V2G-4ST4CBN-2/2/528904f1f54cc8c134ad085028872d87>. (Consultado el 20 de febrero del 2012)

Siguin, L., et al. (junio 1972). "*Desarrollo de altas resistencias a la compresión en verde y su reproductibilidad*". Versión española .T de la Rosa.

Shehata, F., (1997). "*Computer-aided foundry cupola and mold analysis*". Journal of Materials Processing Technology 63(1-3): 655-660. URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TGJ>. (Consultado el 26 de febrero del 2012)

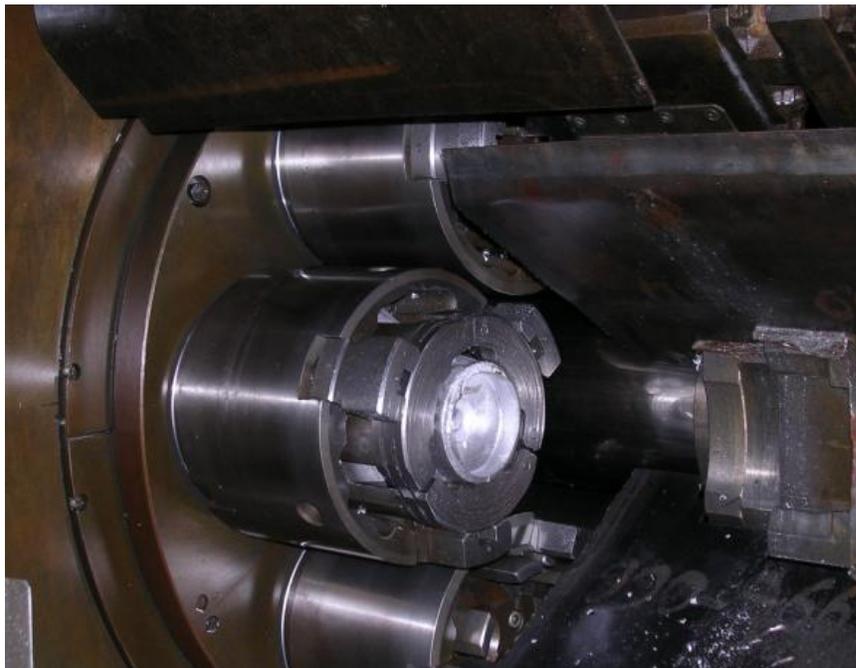
Vega, J. 2005. "*Arenas especiales*". URL: <http://www.ilarduya.com/arenas.htm> (Consultado el 20 de febrero del 2012)

ANEXOS

Anexo I. Colocación del vaso en el anillo porta pieza.



Anexo II. Anillo porta pieza colocado en la mordaza.



Anexo III. Fresando el diámetro interior del vaso superior**Anexo IV. Muestra cómo es que se hace la rosca al vaso superior.**

Anexo V. Se muestra el vaso superior con la rosca ya elaborada.



Anexo VI. El vaso superior ya elaborado puesto en la bandeja.



Anexo VII. Vaso inferior colocado en la mordaza.**Anexo VIII. Refrentado, cilindrado y fresado del fondo interior.**

Anexo IX. Vaso inferior ya terminado.**Anexo X. Cuchilla BK8.**

Anexo XI. Fresas especiales que se utilizan.**Anexo XII. Cuchillas que se utilizan para el maquinado del vaso inferior.**

Anexo XIII. Selección de la arena para la elaboración de los machos.



Anexo XIV. Muestra los machos ya elaborados.



Anexo XV. El macho colocado en la caja de macho.



Anexo XVI. El macho dentro de la caja de macho listo para verter el aluminio.



Anexo XVII. Los vasos inferiores ya fundidos listos para pasar al proceso de maquinado.



Anexo XVIII. Torno que se utiliza para hacerle la rosca al vaso inferior.



Anexo XIX. El vaso inferior ya terminado.