

UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



Trabajo de Diploma

Título:

Implementación de ensayos para determinar propiedades termo-físicas y tecnológicas de los materiales y mezclas de moldeo.

Autores:

Edwin Marcelo Quinatoa Llano.

Diego Orlando Vilca Viturco.

Pinar del Río, 2011

“Año 53 de la Revolución”

UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



Trabajo de Diploma

Título: Implementación de ensayos para determinar propiedades termo-físicas y tecnológicas de los materiales y mezclas de moldeo.

Autores:

Edwin Marcelo Quinatoa Llano.

Diego Orlando Vilca Viturco.

Tutor:

Ing. Omar Alfredo Placeres Benítez.

Pinar del Río, 2011

“Año 53 de la Revolución”

PENSAMIENTO.

“Si te parece que sabes mucho y entiendes muy bien, ten por cierto que es mucho más lo que ignoras”.

PÁGINA DE ACEPTACIÓN.

Facultad de Geología-Mecánica.

Departamento de Mecánica.

Luego de estudiada la exposición de los diplomantes: Edwin Marcelo Quinatoa Llano y Diego Orlando Vilca Viturco así como las opiniones del tutor y el oponente del presente trabajo de diploma, el tribunal emite la calificación de _____.

Presidente del Tribunal _____

Secretario _____

Vocal _____

Dado en la Universidad de Pinar del Río “Hermanos Raíz Montes de Oca”, a los _____ días del mes de _____ de _____.

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.

Declaro que somos los autores del presente Trabajo de Diploma y que autorizo a la Universidad de Pinar del Río, a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

Firma: _____

Edwin Marcelo Quinatoa Llano
edquin@postgrado.upr.edu.cu

Firma: _____

Diego Orlando Vilca Viturco
diego@postgrado.upr.edu.cu

Edwin Marcelo Quinatoa Llano y Diego Orlando Vilca Viturco autorizamos la divulgación del presente trabajo de diploma bajo licencia Creative Commons de tipo Reconocimiento No Comercial Sin Obra Derivada, se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de las obras y no realice ninguna modificación de ellas. La licencia completa puede consultarse en: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/legalcode>.

Autorizamos al Departamento de Mecánica adscrito a la Universidad de Pinar del Río a distribuir el presente trabajo de diploma en formato digital bajo la licencia Creative Commons descrita anteriormente y a conservarlo por tiempo indefinido, según los requerimientos de la institución, en el repositorio de materiales didácticos disponible en: “[<http://mecare.upr.edu.cu./repositorio>]”

Autorizamos al Departamento de Mecánica adscrito a la Universidad de Pinar del Río a distribuir el presente trabajo de diploma en formato digital bajo la licencia Creative Commons descrita anteriormente y a conservarlo por tiempo indefinido, según los requerimientos de la institución, en el repositorio de tesis disponible en: <http://revistas.mes.upr.edu.cu>.

AGRADECIMIENTO.

Este proyecto es el resultado del esfuerzo conjunto de todos los que formamos el grupo de trabajo. Por esto agradecemos al tutor al Ing. Omar Alfredo Placeres Benítez, con quien en este tiempo hemos puesto a prueba nuestras capacidades y conocimientos en el desarrollo de este proyecto, el cual ha finalizado llenando todas nuestras expectativas.

A esta prestigiosa Universidad Pinar del Rio “Hermanos Saiz Montes de Oca”, las cuales abre sus puertas a jóvenes como nosotros, gracias al convenio con nuestra prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi, quienes nos han preparado para un futuro competitivo y formado como personas de bien.

A la UEB “XX Aniversario”, que supo abrir sus puertas y permitir la inducción en el ámbito profesional y finalmente a nuestros amigos y compañeros con quienes en conjunto supimos culminar el periodo académico, y gracias a su voz de aliento sincero se llegó a culminar el presente trabajo. A todos gracias.

Edwin Quinatoa.

DEDICATORIA.

A mis padres quien me brindo sentimientos de amor, respeto, responsabilidad, dedicación, y valor; necesarios para lograr un buen desenvolvimiento en la sociedad, y para alcanzar las metas que me he propuesto en ella.

A toda mi familia, a mis cinco hermanos y una hermana, que con su ejemplo, apoyo absoluto y guía supieron, darme la fuerza para no desmayar en el camino, ya que en su momento cuando estaba caído, cada uno supo darme su mano para levantarme.

Ç

Edwin Quinatoa.

DEDICATORIA.

A mis padres Segundo y María que han sabido brindarme sus principios y valores morales en especial a mi madre quien me ha dado la vida, cuidado y apoyado en los momentos más difíciles de mi carrera estudiantil.

Para mi mujer Estefanía, a ella. Por estar siempre conmigo, apoyándome y brindando su confianza y amor.

Para mi hijo Matías. Su nacimiento ha sido mi inspiración para culminar mi proyecto de tesis. El es lo mejor que me ha pasado, y ha venido a este mundo para darme el último empujón para terminar el presente trabajo.

A mis hermanos Ángel y Anita por brindarme su apoyo, confianza e incentivarme para que este trabajo pueda ser realizado en la república de Cuba, a toda mi familia quien me ha apoyado económicamente y sobre todo moralmente. A todos ellos les dedico de todo corazón.

Diego Vilca.

RESUMEN.

En este trabajo se expone una amplia revisión bibliográfica de las principales propiedades termo-físicas y tecnológicas de los materiales y mezclas de moldeo. Se describe como se implementó un grupo de ensayos para evaluar estas propiedades a partir de las necesidades de la Unidad Empresarial de Base "XX Aniversario" y la disponibilidad de los recursos en esta entidad y en la Universidad Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca". Se expone, además, los resultados de la aplicación de estos ensayos en la evaluación de las mezclas y materiales empleados en la Unidad Empresarial de Base "XX Aniversario".

"Propiedades de las mezclas de moldeo".

SUMMARY.

In this work, a wide bibliographical research is shown on the main thermophysical and technological properties of molding materials and mixtures. The implementation of a group of tests is described, in order to evaluate these properties from the necessities of Business unit base “XX Aniversario” and the availability of resources in this entity and at University of Pinar del Rio “Hermanos Saiz Montes de Oca”. Besides, the results of the application of these tests in the evaluation of the mixtures and materials used at Business unit base “XX Aniversario” are presented.

“Properties of molding mixtures”.

TABLA DE CONTENIDO

Páginas

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Proceso de fundición.....	5
1.2. Elementos fundamentales del moldeo de fundición.....	5
1.2.1. Las cajas de moldeo.....	6
1.2.2. Mezcla de moldeo y machos.....	7
1.2.3. La cavidad del molde.....	8
1.2.4. Macho, núcleo o noyo.....	8
1.2.5. El sistema de alimentación.....	8
1.2.6. La plantilla.....	8
1.3. Comportamiento de la mezcla de moldeo en distintas etapas del proceso.....	19
1.4. Clasificación de las propiedades de las mezclas para moldes y machos.....	20
1.5. Propiedades termo-físicas.....	21
1.5.1. Calor específico.....	23
1.5.2. Conductividad térmica.....	24
1.5.3. Termo-difusividad.....	25
1.5.4. Acumulación de calor.....	25
1.5.5. Porosidad.....	27
1.5.6. Permeabilidad.....	27
1.5.7. Capacidad de generar gases.....	27
1.5.8. Refractariedad.....	27
1.6. Propiedades tecnológicas.....	28
1.6.1. Compactabilidad.....	28

1.6.2. Colapsabilidad.....	29
1.6.3. Moldeabilidad.....	29
1.6.4. Adhesividad (pegajosidad).....	30
1.6.5. Fluidez.....	30
1.6.6. Desmoldeabilidad.....	31
1.6.7. Higroscopicidad.....	31
1.6.8. Durabilidad (capacidad de conservación).....	32
1.6.9. Vida de banco.....	32
1.6.10. Capacidad de envejecimiento.....	32
1.7. Importancia del agua en la mezcla arena - arcilla.....	32
1.8. Eficiencia del mezclado.....	33
1.9. Componente arcilloso del grano.....	33
CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE MOLDEO DE LA UEB “XX ANIVERSARIO”.....	34
2.1. Generalidades.....	34
2.2. Proceso de preparación de mezclas de moldeo.....	37
2.3. Incidencia de las mezclas en la calidad de las piezas fundidas.....	42
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	45
3.1 Selección e implementación de los ensayos a realizar.....	45
3.1.1. Componente arcilloso de grano.....	45
3.1.2. Poder de hinchabilidad.....	49
3.1.3. Índice de hinchabilidad.....	49
3.1.4. Humedad.....	49
3.1.5. Permeabilidad al gas.....	51
3.1.6. Arcilla activa por el método de azul de metileno:.....	57

3.1.7. Índice de fragmentación.	59
3.2. Valoración de las mezclas de moldeo en la UEB “XX Aniversario”.	60
3.2.1. Componente arcilloso.	61
3.2.2. Poder de hinchabilidad.	62
3.2.3. Índice de hinchabilidad.	62
3.2.4. Humedad	62
3.2.5. Permeabilidad.....	63
3.2.6. Arcilla activa por el método de azul de metileno.....	64
3.2.7. Índice de Fragmentación.	64
3.3. Análisis de los resultados.	65
VALORACIÓN ECONÓMICA.....	67
IMPACTO AMBIENTAL.....	69
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS.....	74

INTRODUCCIÓN.

La obtención de piezas por fundición y el trabajo con los metales es tan antigua como la historia de la humanidad. Desde la antigüedad el hombre descubrió metales tales como el oro, la plata, el cobre, y otros que se encontraban en estado natural; y que empleaba en la construcción de armas y otros objetos en forma de aleaciones.

A lo largo de la historia, se han desarrollado los metales, los materiales y mezclas de moldeo y las técnicas de producción de piezas. Los primeros materiales de moldeo fueron las piedras blandas, donde el hombre tallaba la figura de la pieza a obtener; posteriormente, en barro cocido y más tarde una mezcla de arena-arcilla similar a la que se usa actualmente. La fundición inicialmente era un arte que pasaba de una generación a otra en un grupo de familia, al pasar el tiempo, fue dejando de ser un secreto para convertirse en una industria.

En la actualidad la industria está atravesando un proceso rápido de transformación debido al moderno desarrollo de nuevos procedimientos tecnológicos, nuevas máquinas y nuevos materiales gracias a esos cambios se han obtenido piezas fundidas de alta calidad producidas y terminadas a bajo costo, que se emplea continuamente en un extraordinario número de productos.

La industria UEB “XX Aniversario” consta de un área en la que se realiza el proceso de producción de piezas fundidas, que emplea moldes elaborados con una mezcla a base de arena y un material aglutinante que normalmente se designa con el nombre genérico de molde de arena. La producción de piezas fundidas está compuesta de diferentes procesos o etapas que se llevan a efecto en el local que se denomina taller de fundición, la cual busca una respuesta rápida a las necesidades de los clientes, con relación a la entrega oportuna de pedidos, lo que ocasiona que centren su atención en la eficiencia del sistema productivo, pero descuida aspectos principales como las propiedades de los materiales y mezclas de moldeo, afectando directamente la eficacia de dicho sistema.

Los materiales y mezclas de moldeo son considerados uno de los problemas que causan defectos en las piezas fundidas, para poder determinar en qué medida son realmente culpables y tomar acciones para disminuir esa influencia perjudicial, es

necesario contar con un laboratorio bien equipado que permita caracterizar los materiales y mezclas de moldeo. La administración del establecimiento tiene como uno de sus objetivos para mejorar la calidad de las piezas fundidas implementar un laboratorio para determinar las propiedades termo-físicas y tecnológicas de materiales y mezclas de moldeo. Para lograr este objetivo se vienen desarrollando un conjunto de acciones, este trabajo constituye una de ellas. La investigación se aplica en el proceso con la finalidad de contribuir con la realidad que se encuentra en la industria para optimizar recursos con proyecciones futuras que garanticen su crecimiento. Las exigencias son variadas y en realidad bastantes difíciles de satisfacer en una misma composición de mezcla. Sabemos que una o varias propiedades que forma una mezcla de moldeo es capaz de ofrecernos las mayores probabilidades de obtener un producto fundido de la mayor calidad posible. Buscaremos una visión del conjunto de las propiedades que deben poseer los moldes y machos para satisfacer todas las exigencias que asignan en el proceso de obtención de una pieza fundida en moldes de arena.

Por lo tanto identificamos como problema a resolver “la no existencia de un laboratorio que permita evaluar las propiedades de los materiales y mezclas de moldeo” presente en el objeto de estudio: Proceso de fundición de la UEB “XX Aniversario del desembarco del Granma”. Como campo de acción se determina “el conjunto de características y propiedades termo-físicas y tecnológicas de los materiales y mezclas de moldeo”. Las propiedades mecánicas serán tratadas en otro trabajo.

El objetivo de este trabajo está dirigido a seleccionar e implementar un grupo de ensayos que permitan evaluar las principales propiedades termo-físicas y tecnológicas de los materiales y mezclas de moldeo.

Como hipótesis a defender se plantea que si se implementa un grupo de ensayos previamente seleccionados, con criterio técnico económico, a partir de la información existente en la literatura especializada y los recursos disponibles, es posible evaluar las propiedades de los materiales y mezclas de moldes y emitir criterios para su empleo.

Para complementar esto nos trazamos las tareas siguientes:

- Realizar una búsqueda bibliográfica acerca de las propiedades termo-físicas y tecnológicas de los materiales y mezclas de moldeo.
- Seleccionar un grupo de ensayos que permitan evaluar las principales propiedades termo-físicas y tecnológicas de los materiales y mezclas de moldeo, tomando como criterio de selección su eficacia en el proceso y disponibilidad de materiales y medios para su ejecución.
- Implementar los ensayos seleccionados.
- Evaluar los materiales y mezclas de moldeo empleados en la UEB “XX Aniversario”, a partir de los ensayos implementados.

Para la obtención de los resultados se emplearon diversos métodos partiendo del dialéctico-materialista que fue el objetivo por descubrir la dinámica del objeto que se investiga al permitir su análisis como proceso y reconocer la dialéctica como doctrina de cambio y contradicciones internas.

Utilizando como base este método universal, al mismo tiempo se aplicaron otros tales como el Método histórico-lógico que permitió analizar el material bibliográfico para revelar las características de la mezcla de moldeo y machos en la planta UEB “XX Aniversario”, así como elaborar el marco conceptual de la presente investigación, descubriendo la manera de manifestarse dicho proceso de la mezcla de moldeo y machos, en las condiciones específicas del entorno investigado.

Los métodos empíricos de observar y experimentar son vitales en una investigación, independientemente del área del conocimiento donde se aplique. Clasificados como fundamentales en su género tuvieron especial significación, lo cual se explica como sigue: La observación, percepción directa el objeto con un fin consciente, que implica objetividad, validez y seguridad, estuvo presente a lo largo de todo el proceso investigativo.

También se aplicó la revisión documental que permitió diagnosticar el objeto, estudiar las tendencias, demostrar el problema y proponerle soluciones objetivas.

Por medio de esta investigación se está aportando en el aspecto práctico con la implementación de un laboratorio de ensayos para determinar las propiedades termo-físicas y tecnológicas de los materiales y mezclas de moldeo.

El presente trabajo consta de tres capítulos, en el primer capítulo se describe las principales propiedades termo-físicas y tecnológicas fundamentales que le exigen los materiales y mezclas de moldeo en los procesos de elaboración, moldeo, vertido, desmoldeo; así como su influencia en la calidad de las piezas obtenidas en el proceso de fundición, en el segundo capítulo se realiza una caracterización del proceso de elaboración y empleo de las mezclas de moldeo en la UEB “XX Aniversario”, descripción de los materiales empleados en su elaboración; y por último, en el tercer capítulo, se encuentra la selección de los ensayos a emplear con su técnica operatoria, para determinar las propiedades termo-físicas y tecnológicas, la implementación de estos ensayos y la valoración de las mezclas de moldeo de la UEB “XX Aniversario”, a partir de los ensayos implementados.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Proceso de fundición.

La fundición es el proceso mediante el cual se puede obtener una forma metálica de cualquier metal o aleación, con diversidad de tamaño, forma y complejidad, vertiendo metal en estado líquido en la cavidad de un molde creado a tal efecto, a partir de un modelo.

El proceso de producción de piezas fundidas está compuesto de diferentes procesos o etapas tecnológicas que se llevan a efecto en un local que se denomina taller de fundición, se inicia desde tres direcciones diferentes: la preparación de los materiales necesarios para la carga del horno con el fin de obtener el metal líquido; la selección y preparación de las mezclas para moldes y machos, y la construcción de plantillas y cajas de machos. [1]

En el proceso de mezclas para moldes y machos intervienen elementos fundamentales que tienen como objetivo final contribuir a la obtención del molde de fundición de la mayor calidad posible con el menor costo de producción.

1.2. Elementos fundamentales del moldeo de fundición.

A continuación se enumeran y describe los elementos que forman un molde de fundición. [1] (Figura 1.1).

1. Caja de moldeo.
2. Mezcla de moldeo.
3. Cavidad molde (se obtiene a partir de la plantilla o modelo).
4. Macho, noyo o núcleo (se obtiene a partir de la caja de macho).
5. Cubeta de colada.
6. Tragadero.
7. Escoriador.
8. Alimentadores.
9. Respiraderos.

Mazarota (no está representada en el dibujo).

Los elementos 5, 6, 7, 8, 9 y 10 corresponden al sistema de alimentación; 5, 6, 7 y 8 constituyen el sistema de llenado.

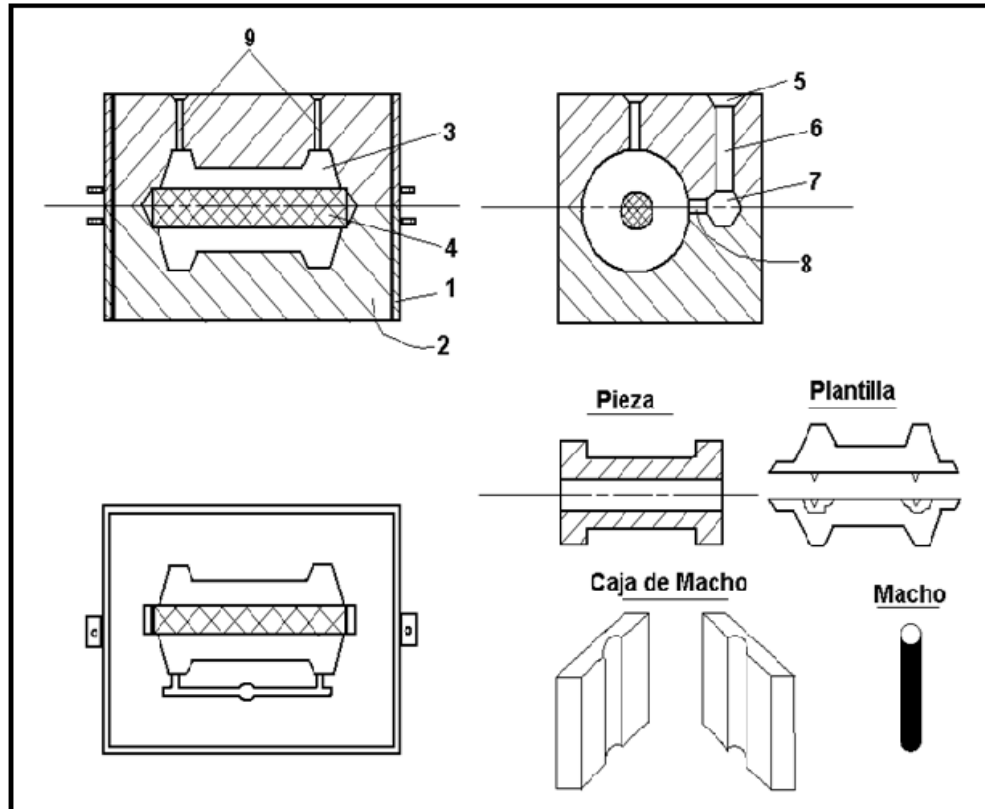


Figura. 1.1. Elementos fundamentales del molde de fundición.

1.2.1. Las cajas de moldeo.

Son recipientes metálicos con ambos lados abiertos, para contener la mezcla de moldeo que formará el molde de fundición; pueden tener formas diferentes: cuadradas, rectangulares, cilíndricas; y pueden ser rectas o cónicas. Se construyen de aleaciones tales como acero, hierro o aluminio; pueden ser totalmente fundidas o soldadas, atornilladas o remachadas a partir de elementos fundidos o conformados, en la caja de moldeo queda la mezcla de moldeo, que lo llamamos molde [2].

1.2.2. Mezcla de moldeo y machos.

Una mezcla de moldeo es la unión de diferentes materiales capaces de producir un material de construcción con el cual se pueda elaborar el molde, o sea, la cavidad en la que se ha de vaciar la aleación para obtener la pieza fundida.

Los materiales de moldeo deben poseer una serie de propiedades y características como por ejemplo: plasticidad, refractariedad, fluidez, permeabilidad, a los gases, etc. Muchas de estas propiedades dependen, en mayor o menor grado, de los ingredientes básicos de la mezcla y todas influyen en una u otra forma sobre la calidad del producto final. [1].

a. Ingredientes básicos de una mezcla de moldeo.

- Arena de moldeo o material básico de la mezcla: arena sílice o de cuarzo, de zirconio, de cromita, de olivita, de magnesita, de cromo-magnesita.
- Aglutinante: es el encargado de unir fuertemente los granos de arena entre sí. En una mezcla de moldeo convencional casi siempre es la bentonita aunque ya se han desarrollado un grupo grande de aglutinante, entre ellos las resinas furánicas y fenólicas.
- Un agente activador de la aglutinación: generalmente agua.
- Aditivos: encargados de dar a las mezclas propiedades especiales. Por ejemplo: malaza, aumenta la vida de banco y la plasticidad; aserrín de madera, polvo de carbón, aumenta la permeabilidad.

b. Ingredientes básicos de una mezcla para machos.

Las mezclas para macho tienen una composición similar con la diferencia de que en función de aglutinante no se usa comúnmente la bentonita, sino otros más efectivos, para imprimir resistencia en seco, tales como:

- Aglutinantes orgánicos: aceite linaza, malaza, etc.
- Aglutinantes inorgánicos: silicato de sodio, cemento.
- Las arcillas de moldeo, funcionan como aditivo.

Las mezclas de moldeo pueden ser sintéticas, como las descritas hasta ahora o naturales, arenas grasas y semigrasas, con componente arcilloso entre 8 y 18 %, denominadas también, tierras de moldeo. [1]

1.2.3. La cavidad del molde.

Es la huella dejada por la plantilla o modelo en la mezcla de moldeo, que posteriormente será ocupada por metal líquido y que después de la solidificación formará la pieza fundida. [1]

1.2.4. Macho, núcleo o noyo.

Es la parte de la cavidad del molde encargado de reproducir geometría interior de la pieza fundida y es obtenido con mezcla para machos en una caja de machos.

1.2.5. El sistema de alimentación.

Está constituido por seis elementos: cubeta de colada, tragadero, escoriado, alimentadores, respiraderos y mazarota; los tres primeros forman un conjunto al que suele llamársele sistema de llenado. Este sistema es el encargado de conducir el metal líquido al interior de la cavidad del molde, de forma regulada y alimentar la pieza fundida durante su solidificación. [1]

Tanto la cavidad del molde como los elementos del sistema de alimentación son reproducidos por el juego de modelos o plantillas.

1.2.6. La plantilla.

Es la herramienta fundamental del moldeador, pues con su ayuda este forma la cavidad del molde. En Cuba está más difundido el termino plantilla, en la literatura especializada se emplea más la categoría modelo, esta abarca tanto la plantilla (con la cual se reproduce la forma externa de la pieza), como la caja de macho (con la cual se fabrican los machos, noyos o núcleos y con estos las cavidades interiores de las piezas). El operario encargado de fabricar las plantillas y cajas de macho se denomina plantillero y se considera un obrero de alta calificación, al mismo tiempo un artesano pues su trabajo es muy similar al de un escultor pero con mayor precisión. [1]

Materiales empleados en la construcción de las plantillas y cajas de macho.

Es difícil encontrar un material que satisfaga todas las necesidades de servicios impuestas a una plantilla, de ahí la variedad de materiales empleados:

1. Madera: cedro (es el más utilizado), pino, plywood; también se utilizan la caoba, nogal, roble o similares, pero de manera excepcional por ser maderas preciosas, es preferible el metal.
2. Metal: aluminio, hierro fundido, latones y bronce.
3. Yeso.
4. Cemento.
5. Resinas epóxido.

La madera constituye el material más utilizado en plantillería, ya que reúne tres condiciones muy importantes: es un material de poco peso, fácil de trabajar y relativamente barato. Pero también posee algunas características que constituyen desventajas o limitaciones: absorbe humedad, posee una resistencia relativamente baja para las condiciones del moldeo a máquina y tiende a deformarse en condiciones a alta temperatura ambiental (producto a la desecación, particularmente en el sentido transversal de la fibra).

Las plantillas metálicas se emplean para las producciones en serie y masivas, debido a su mayor peso se emplean fundamentalmente en el moldeo a máquina. El moldeo con plantillas metálicas se utilizan en aquellas situaciones en las que la madera no garantiza la resistencia, el acabado y la exactitud requerido en el moldeo. La limitación fundamentalmente en el empleo de las plantillas metálicas es el alto costo inicial así como el peso del conjunto placa – plantilla. [1]

Defectos de fundición.

Los defectos de fundición son a menudo una causa de peso en la eficiencia del proceso de fundición, cuando no se observa estrictamente el cumplimiento de la tecnología.

El porcentaje de piezas defectuosas incluso en fábricas de tecnología avanzada constituye un 2 – 5%, a veces alcanza un 10 – 20 % y más, dependiendo de los medios tecnológicos al alcance del fundidor y el cumplimiento de la tecnología preestablecida.

El control de la calidad, la discusión sobre los defectos detectados, así como las causas que lo provocaron, los responsables y las medidas a tomar para evitar en lo posible que se repita es algo que cada unidad de producción no debe menospreciar si quiere producir con eficiencia y calidad.

Hay algunos defectos que por su apariencia tienden a confundirse con otros, por lo cual para la actividad de control de la calidad debe emplearse el personal más capaz con vasta experiencia. Para ayudar a los que se aprestan a esta importante tarea en la literatura especializada se exponen diferentes clasificaciones de los defectos de fundición, así como una descripción de su apariencia, posibles causas y remedios. Según Titov [3] los defectos de fundición pueden dividirse en cuatro grupos:

- 1-Defectos externos, que se detectan directamente en la superficie de la pieza (o correspondencia de las dimensiones y masa con las previstas, uniones soldadas, rebabas de junta, etc.).
- 2-Defectos volumétricos, dispuestos dentro de la pieza (grietas calientes y frías, sopladuras, porosidad, etc.).
- 3-No correspondencia de la composición química y la estructura de la pieza fundida.
- 4-No satisfacción de las propiedades mecánicas.

Los defectos clasificados en los grupos 3 y 4 no son de interés del presente trabajo. En la tabla 1.1 se expone un resumen de los principales defectos de fundición para piezas de hierro fundido, que pueden enmarcarse en los grupos 1 y 2. La mayoría de estos defectos son comunes a otras aleaciones.

Tabla 1.1. Defectos para piezas fundidas de hierro [4].

Defecto	Aspecto	Causa	Remedio
Falta de Material	<p>Puede aparecer como:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Agujeros en la sección delgada de la pieza los bordes son liso y bien redondeados: la superficie del metal alrededor de los agujeros es lisa y a menudo brillante. 2- Como una línea o raya, en el punto en que se han encontrado dos corrientes de metal pero no se han unido. Puede haber fractura a lo largo de dicha línea. La superficie de la pieza puede ser lisa y brillante. 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Baja temperatura de colada. 2- Poca fluidez. 3- Inadecuada salida de gases del molde. 4- Práctica de colada deficiente. 5- Cambios en el macho causando espesores irregulares. 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Disponer de metal más caliente en la canal del cubilote; reducir las pérdidas de calor en el cazo usando una capa de cobertura. 2- Aumentar el carbono y el fósforo. 3- Evitar un apisonado excesivo y aumentar las salidas de aire. 4- Durante la colada mantener lleno de metal el embudo de entrada. 5- Tener cuidado con la colocación de los machos en el molde, comprobando la posición de los mismos.
Rechupes y desgarramientos	<p>Cavidades irregulares y ásperas que penetran en la pieza, particularmente en las zonas gruesas o en la unión de cambios de sección.</p> <p>Depresiones en el exterior de las secciones gruesas, normalmente con bordes ásperos.</p> <p>En las facturas se ven áreas esponjosas oscuras</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1- Entrada de metal y sistema de alimentación incorrectas. 2- Composición inadecuada en relación con los espesores de la pieza. 3- Mal diseño de la pieza. 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Usar mazarota para alimentar las secciones más gruesas y asegurarse de que se llenen con metal caliente. Si se emplean mazarotas abiertas, usar una cobertura en polvo; si es una mazarota ciega, emplear "machos" en la parte superior para que alimente. Colocar coquillas donde una mazarota no pueda alimentar directamente a una sección gruesa. 2- Ajustar el contenido de silicio y/o carbono. 3- Considerar una modificación de diseño.

Escoria	Superficie picada o inclusiones encontradas mediante el mecanizado. Las cavidades son generalmente más lisas. La escoria puede verse antes de limpiar la pieza. Segregaciones de sulfuro de manganeso.	<ol style="list-style-type: none"> 1- Metal y recubrimiento del caso sucios. 2- Incorrecta entrada de metal, causando turbulencias. 3- Exceso de azufre con alto manganeso y bajo temperatura de colada. 4- Contenidos similares de manganeso y silicio 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Separar toda la escoria del metal antes de la colada. Aglomerar la escoria antes del esquinado. Mantener el revestimiento de la cuchara libre de adherencias e incrustaciones. 2- Incorporar retenedores de escoria o filtros de refractarios en los canales de entrada. Mantener lleno el canal de colada durante esta operación. 3- Reducir la absorción de azufre y evitar la colada de hierro "frío" 4- Evitar un gran exceso de manganeso.
Porosidad	Las piezas "sudán" cuando se someten a la prueba de presión. Las superficies mecanizadas muestran cavidades en las secciones gruesas o varios agujeros finos sobre las partes mecanizadas.	<ol style="list-style-type: none"> 1- Equivocada composición del metal en relación con el espesor de la pieza. 2- Sistemas de colada y alimentación incorrecta. 3- Escasa permeabilidad del molde. 4- Metal oxidado. 5- Trazas de elementos residuales, por ejemplo, aluminio. 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Reducir el contenido de silicio y/o fósforo. 2- Véase el apartado de rechupe. 3- Mejorar las salidas de aire del molde. 4- Mantener una altura correcta del lecho de cok en el cubilote y limpiar el baño antes de la colada.

Metal Duro	Áreas brillantes en las caras mecanizadas, a menudo en las esquinas o aristas de las secciones más delgadas. Pueden presentarse como puntos duros desparramados. Cuando se rompe, muestra una fractura blanca.	<ol style="list-style-type: none"> 1- Composición equivocada del metal con elevado azufre y bajo manganeso. 2- Alto contenido de humedad. 3- Incorrecto sistema de colada. 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Aumentar el contenido de Silicio: <ol style="list-style-type: none"> a) Alterando la mezcla de metal. b) Introduciendo silicio en la cuchara. 2- Reducir la humedad. 3- Evitar las salpicaduras de metal en los canales y mazarotas – recomendable mantener el metal en una bacineta con tapón, justo encima del bebedero de entrada.
Dartas	Superficie de la pieza basta, "verrugosa" en particular en secciones gruesas.	<p>Expansión de las arenas debido a:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Apisonando demasiado duro o irregular. 2- Molde colado demasiado lentamente. 3- Grano de arena demasiado uniforme. 4- Excesiva humedad o contenido volátil. <p>Erosiones en la arena</p> <ol style="list-style-type: none"> 5- Débil aglutinación de la arena de contacto. 6- Prolongado chequeo del metal. 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Evitar el apisonado duro especialmente cerca del modelo. 2- Aumentar las áreas de entrada y/o número de entradas. 3- Cambiar la arena, también puede favorecer la adición de un poco de aserrín de madera. 4- Reducir la humedad y el contenido de polvo de carbón. 5- Mejorar la arena con adición de arcilla y/o sustancias similares. 6- Usar un buen recubrimiento refractario para el molde y evitar dirigir el metal en ángulos rectos hacia la superficie de la arena.

Deformación	Las piezas muestran un forzamiento en la superficie.	<ol style="list-style-type: none"> 1- Dureza irregular del molde debido a un apisonado insuficiente para resistir la presión del metal. 2- Carga insuficiente de la parte de la caja superior. 3- Pieza demasiado pesada para ser moldeada en verde. 4- Tensiones internas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Apisonado firme y uniforme. 2- Aumentar la carga sobre el molde y distribuirla uniformemente. 3- Emplear molde en seco o moldes al CO₂.
Superficie Rugosa	Piezas con la superficie rugosa	Penetración del metal debido a: <ol style="list-style-type: none"> 1- Arena de moldeo con demasiado espacio inter granular. 2- Bajo contenido de carbón en polvo. 3- Apisonado flujo 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Emplear arenas más finas y aplicar una pintura de recubrimiento. 2- Adicionar carbón en polvo. 3- Apisonar más firmemente.
Grietas o roturas	Grietas superficiales en la pieza. Al romperse una decoloración de la fractura indica que la rotura se produjo cuando la pieza estaba caliente. La rotura en frío no cambia el color de la fractura.	<ol style="list-style-type: none"> 1- Alta resistencia en seco de la arena. 2- Machos demasiado duros. 3- Tensiones en la pieza. 4- Causas mecánicas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Apisonado más suave para permitir la contracción de la pieza. 2- Reducir el aceite en los machos. Da soltura a los moldes después de la colada. 3- Sist. de coladas adecuadas para evitar tensiones. Modificar diseño del molde. 4- Rellenar el espacio entre las piezas en el tambor desarenado con madera o neumáticos viejos. Tener cuidado al separar las coladas de la pieza. Observar que las coladas tengan cuellos correctamente diseñadas.

<p style="text-align: center; transform: rotate(-90deg);">Sopladuras</p>	<p>Agujeros ásperamente formados aparecen en el exterior de las piezas o en las secciones más gruesas. Al mecanizar la pieza, aparecen bajo la superficie. En casos graves puede atravesar todo el espesor de la pieza.</p> <p>Las cavidades pueden ser apocas o brillante según las condiciones en que se hayan formado</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1- Insuficiente permeabilidad de las arenas de moldeo o macho. 2- Apisonado duro. 3- Alto contenido de humedad. 4- Coquillas o soportes mohosos o húmedos. 5- Soplado por el material de unión de junta del macho. 6- Insuficiente presión de mazarotaje. 7- Secado incompleto. 8- Cucharas de fusión húmedas. 9- Temperatura de colada demasiado baja. 10- Salidas de aires escasos o aires atrasados. 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Aumentar la permeabilidad con salidas de aires o adicionar arena sílice más gruesa. 2- Evitar el exceso de apisonado. 3- Reducir humedad al mínimo compatible con su aplicación. 4- Emplear soportes secos y recubrir las coquillas con aceite o un unto adecuado antes de su empleo. 5- Usar materiales de junta de buena calidad. 6- Asegurar un mazarotaje adecuado. 7- Secar hasta que el centro este seco y duro. 8- Secar completamente todas las cucharas. 9- Aumentar la temperatura de colada. 10- Airear bien y procurar que el metal no entre en las portadas de los machos.
--	--	--	---

<p style="text-align: center;">Cuerpos extraños (suciedad)</p>	<p>Cavidades ásperas y hoyos en la superficie de la pieza. Si se observa antes de limpiar la pieza, la mayoría de las veces puede verse la arena.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1- Cucharas o potes de manos sucias. 2- Poca resistencia de la arena. 3- Apisonado descuidado. 4- Caída directa del metal sobre la superficie de la arena. Colada turbulentamente. 5- Acabado deficiente del sistema de alimentación. 6- Desplazamiento de arenas por los machos. Portadas rotas. 7- Moldeo removidos, caída de arena. 8- Insuficiente salida del modelo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Cucharas limpias y bien revestidas. 2- Incrementar la resistencia en verde adicionando arcilla. 3- Apisonar firme y uniformemente. 4- Evitar caída directa con canales de alimentación bien distribuidos. 5- El acabado del sistema de alimentación a de ser tan bueno como el del molde. Moldearlo con buena arena de contacto. 6- Soplar el molde después de colocar los machos. 7- Cargar cuidadosamente; evitar suciedades a los moldes. 8- Incrementar la salida para obtener un desmodelado limpio. 9- Tapar los moldes cerrados si la colada se aplaza.
---	---	--	---

Capello [5] propone una clasificaron similar con el nivel de incidencia de diferentes causas en los diferentes defecto (tabla 1.2).

Tabla 1.2. Clasificación de los defectos de fundición [5].

CAUSAS: PRINCIPAL SECUNDARIA	DEFECTOS	DEFECTOS MANIFIESTOS												DEFECTOS OCULTOS													
		QUE INTERESAN LA FORMA DE LA PIEZA				QUE INTERESAN LA SUPERFICIE DE LA PIEZA				QUE INTERESAN EL CONJUNTO DE LA PIEZA				CAVIDADES INTERNAS			DEFECTOS DE COMPOSICION Y EXTRACTURA				INCLUSIONES						
		Deformaciones y alabeos	Aplastamientos y hundimiento	Empuje y rebabas	movimientos de las cajas.	Aspectos Basto	Erupciones	Penetraciones	Exfoliaciones	Falsa exfoliaciones	Inclusiones de arena	Soldaduras e intermitencias	piezas no llenas y discontinuidades	Arranque de partes de moldes	Escape de metal	Falta de metal	Hendiduras, grietas, roturas	Porosidad	Bubujas	Sopladuras	Rechupes y contracciones	Dureza difusa	Dureza localizada	Temple inversor	Estructura abierta o gruesa	Segregaciones de grafito	Gotas frías
Diseño		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0		0					0
Modelo		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0				0			0				0	
Cajas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0					
Colada y carga		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0				0	0
Tierra y arenas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0				0	0
Machos		0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0		0	0	0	0	0		0	0				0	0
Moldeo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0			0				0	0
Metal		0				0					0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Fusión		0									0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
Operación colada		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
Causas diversas		0	0		0				0	0	0		0		0	0	0	0	0		0	0					0

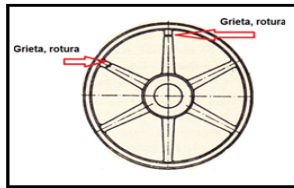


Fig. 1.2. Agrietamiento y rotura.

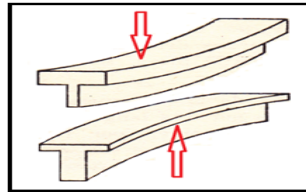


Fig. 1.3. Concavidad en la parte de mayor espesor.

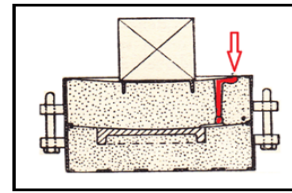


Fig. 1.4. Hundimiento de una caja superior.

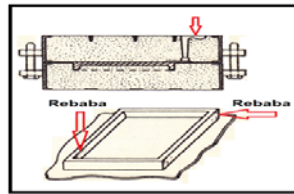


Fig. 1.5. Aumento de espesor de una pieza y rebaba.

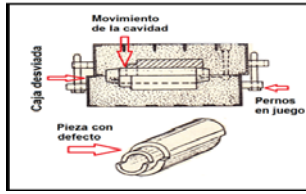


Fig. 1.6. Movimiento de la caja: excesivo juego entre los pernos.

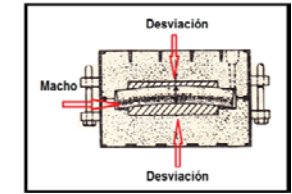


Fig. 1.7. Desviación del macho.

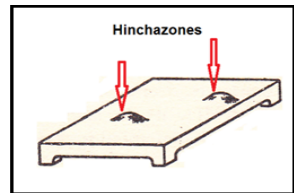


Fig. 1.8. Hundimiento de la arena de molde, mal atacada en la caja.

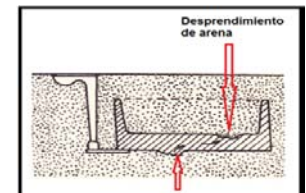


Fig. 1.9. Desprende de la arena (por escasa de permeabilidad).

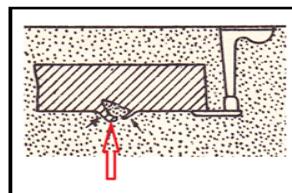


Fig. 1.10. Falsa exfoliación. El terrón no se desprende todo.

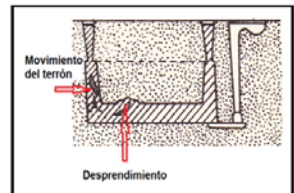


Fig. 1.11. La arena se desprende de una pared superior.

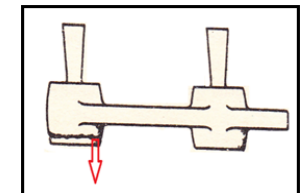


Fig. 1.12. Produce cuando interrumpe la colada.

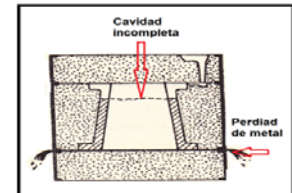


Fig. 1.13. Pieza incompleta a causa de la pérdida de metal.

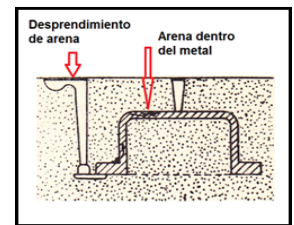


Fig. 1.14. Arranque de un borde de arena por la corriente del metal en el canal de entrada.

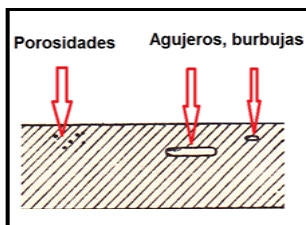


Fig. 1.15. Porosidades, causadas por excesiva humedad del molde.

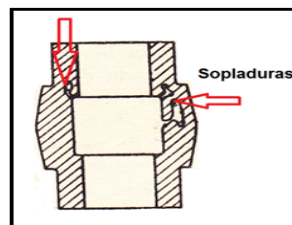
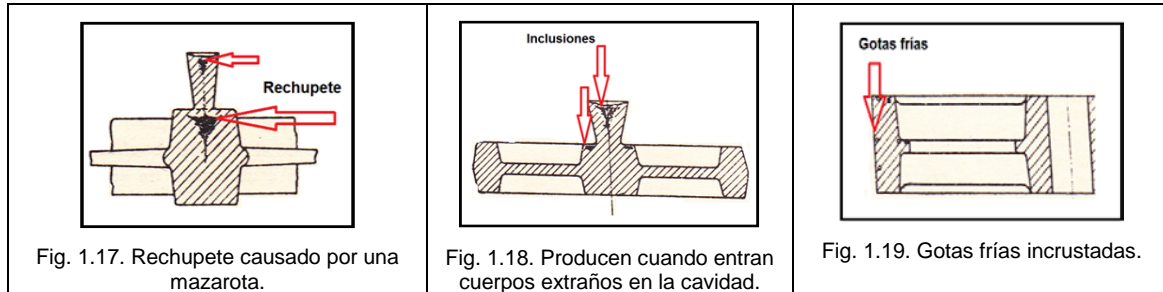


Fig. 1.16. Sopladuras, causadas por el desprendimiento de gas del macho.



En las figuras 1.2 a 1.19 se muestra la apariencia física de algunos de estos defectos [5].

Como puede verse son múltiples los defectos que se presentan en las piezas fundidas así como sus causas, y variada su apariencia, pero siempre perjudicial a la calidad y eficiencia del proceso de fundición, especialmente aquellos que aparecen ocultos bajo la superficie de las piezas y solo son revelados después del maquinado, ensayos de laboratorio o alguna otra operación tecnológica, o incluso como una falla en su funcionamiento, causando gastos y pérdidas adicionales.

Un rápido análisis de las causas de los diferentes defectos descritos anteriormente evidencia el alto grado de incidencia de la operación de moldeo y especialmente de las mezclas de moldeo y para machos en la calidad del producto fundido, por lo cual debe prestársele especial atención a este tema.

1.3. Comportamiento de la mezcla de moldeo en distintas etapas del proceso.

La mezcla de moldeo, independientemente de su tipo, es un material al cual se le exige un comportamiento diferente en diferentes etapas del proceso de obtención de piezas fundidas [1].

a. Durante el moldeo:

Después de mezclado los ingredientes, el conjunto debe poseer plasticidad, fluidez y cierto grado de desmenuzamiento.

b. Durante el vertido:

La mezcla debe ser resistente, poseer cierta dureza y estar en capacidad de contrarrestar el efecto erosivo del metal líquido sobre su superficie.

c. Durante la solidificación y enfriamiento:

La mezcla debe poseer cierta flexibilidad en el proceso de contracción de la pieza fundida y determinada porosidad para permitir que los gases producidos escapen a través de ella.

d. Durante el desmoldeo:

Es necesario que posea una alta capacidad de disgregación (desarenado).

Además, fundamentalmente en las etapas b y c debe realizar un intenso proceso de transferencia de calor, evacuar un considerable volumen de gases (permeabilidad) y soportar el contacto directo con el metal a altas temperaturas (refractariedad). Indudablemente que a pocos materiales empleados en la ingeniería se les exige tan disímiles cualidades, lo cual es bastante difícil de satisfacer en una misma composición de mezcla.

Por lo tanto, toda formulación de una mezcla de moldeo no es más que el logro de un compromiso entre sus propiedades, capaz de ofrecer las mayores probabilidades de obtener un producto fundido de la mayor calidad posible.

1.4. Clasificación de las propiedades de las mezclas para moldes y machos.

La complejidad que representa la producción de una pieza fundida implica la necesidad de controlar todas las etapas del proceso de elaboración de la misma. Existen varias opiniones en cuanto a la forma de efectuar la clasificación de las propiedades de las mezclas para moldes y machos. Algunos autores prefieren diferenciarlas en propiedades primarias y secundarias, pero para una mejor comprensión global del conjunto de propiedades que se deben analizar ante determinadas situaciones tecnológicas en la obtención de las piezas fundidas, que deben poseer las mezclas y materiales de moldeo, de acuerdo con Salcines [1], se dividen en tres grandes grupos:

- a. Propiedades termo-físicas.
- b. Propiedades mecánicas.
- c. Propiedades tecnológicas.

Como ya se dijo en otro momento, el objetivo de este trabajo está dirigido al conjunto de características y propiedades termo-físicas y tecnológicas de los materiales y mezclas de moldeo. Las propiedades mecánicas serán tratadas en otro trabajo.

1.5. Propiedades termo-físicas

Son aquellas que deben poseer los materiales y mezclas de moldeo para garantizar la formación del producto fundido, concebido este como un proceso de interacción térmica entre el metal y el molde.

Este grupo abarca el conjunto de magnitudes termo-físicas que definen el comportamiento térmico del molde en su relación con la pieza fundida. El proceso de enfriamiento de una pieza fundida está determinado, principalmente, por las propiedades termo-físicas del material o de los materiales de que está compuesto el molde. En este sentido resulta particularmente importante el estudio del intercambio térmico entre la pieza fundida y el molde.

En su expresión más simple, el problema puede plantearse en los términos siguientes:

El metal en estado líquido, sobrecalentado, que entra al molde, posee una cierta cantidad de calor que, en su forma más elemental, se expresa mediante la fórmula:

$$Q = W c_1(t_f - t_a) + L + W c_2(t_v - t_f) \quad (1.1.)$$

Es decir, el metal transfiere al molde el calor de sobrecalentamiento, desde la temperatura de vertido (t_v) hasta la temperatura de fusión (t_f), el calor latente de cristalización (L) y cierta cantidad de calor que se desprende en el enfriamiento desde la temperatura de fusión (t_f) hasta la temperatura ambiente (t_a).

En lo fundamental, se puede resumir que la cantidad de calor que se introduce en el molde depende del peso (o volumen) del metal líquido (w), la temperatura de vertido (t_v) y su calor específico (c).

Esta cantidad de calor (Q) debe ser evacuada por el molde que a su vez, está formada por varios componentes, compactados y con determinada porosidad. Para ello sabemos que se vale de los tres mecanismos de transferencia del calor: conducción, convección y radiación.

a. Por conducción.

$$Q_1 = \frac{\lambda(t_1-t_2)}{S} F T \quad (1.2)$$

Donde Q1 es el calor transmitido por conducción a través de un espesor de mezcla (S) con un gradiente de temperatura (t1 – t2) a través de una sección (F) en un tiempo (T). La propiedad del cuerpo de conducir el calor está expresada en el coeficiente (λ), que se denomina coeficiente de conducción del calor y se expresa en:

$$\frac{\text{kcal}}{\text{m.h.}^\circ\text{C}} \text{ o en } \frac{\text{cal}}{\text{s.cm}^2.\text{}^\circ\text{C}}$$

b. Por convección.

$$Q_2 = \alpha (t_f - t_o) F \quad (1.3)$$

Donde Q2 es el calor transferido por convección a través de una sección (F) que posee una temperatura invariable (puede expresarse también como una variación de temperatura a través de la capa de arena) (tf) en un tiempo τ , estando todo el sistema rodeado del medio a temperatura ambiente (to). El coeficiente de convección se representa por α que se expresa en:

$$\frac{\text{kcal}}{\text{m.h.}^\circ\text{C}} \text{ o en } \frac{\text{cal}}{\text{cm.s.}^\circ\text{C}}$$

c. Por radiación.

$$Q_3 = F\varphi AE(t_1^4 - t_2^4) \quad (1.4)$$

Donde Q_3 es la cantidad de calor transferida por radiación entre dos cuerpos a la temperatura t_1 y t_2 , a través de una superficie F . En esta ecuación:

φ – Emisividad de energía radiante entre un cuerpo y otro;

A – Coeficiente referido al cuerpo negro (para un cuerpo negro absoluto), $A=1$;

E – $4,9 * 10^{-8}$ en $\frac{\text{cal}}{\text{s.cm}^2.\text{°C}}$ (Constante de Stefan-Boltzman).

La emisividad, al igual que los coeficientes de transferencia por conducción y convección, debe ser determinada experimentalmente.

De lo señalado anteriormente, vemos que la cantidad de calor que se transfiere del metal al molde depende, en lo fundamental, del peso y la temperatura de vertido del metal, de la duración del proceso de transferencia del calor y de las principales propiedades termo-físicas del molde, tales como: calor específico (c), conductividad térmica (λ), termo-difusividad (a) y coeficiente de acumulación del calor (b), así como de aquellas que definen su estado físico como porosidad, permeabilidad, refractariedad, etc.[1]

1.5.1. Calor específico.

Esta magnitud física es definida como la cantidad de calor necesario para elevar una unidad de peso de la sustancia en 1°C . En una mezcla de moldeo, el calor específico esta dado por la suma de los calores específicos de sus componentes.

$$C_m = \frac{c_1g_1+c_2g_2+\dots+c_n g_n}{g_1+g_2+\dots+g_n} = \sum \frac{c_i g_i}{g_i} + \dots \quad (1.5)$$

La mezcla de moldeo posee un calor específico relativamente alto. El calor específico aumenta con el aumento de la temperatura y la humedad de la mezcla.

La variación del calor específico con la temperatura puede calcularse, con bastante aproximación, mediante la fórmula:

$$C = a + bT \quad (1.6)$$

Donde:

a y b - coeficiente empírico.

T - temperatura absoluta (°K).

La variación del calor específico con la humedad de la mezcla puede calcularse mediante la fórmula:

$$ch = C_s \frac{(100 - \% \text{ de humedad})}{100} + \frac{\% \text{ humedad}}{100}, \quad (1.7)$$

Donde:

ch - calor específico de la mezcla húmeda;

Cs – calor específico de la mezcla seca (como valor promedio se puede tomar $0,2 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$).

1.5.2. Conductividad térmica.

Se denomina así la propiedad de un cuerpo de conducir una cierta cantidad de calor durante 1 s a través de una superficie de 1 cm² con un gradiente de temperatura de $\frac{1^\circ\text{C}}{\text{cm}}$ se expresa en $\frac{\text{cal}}{\text{cm} \cdot \text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$.

La conductividad térmica por conducción en la mezcla de moldeo depende de la humedad de la mezcla, la temperatura y el grado de compactación del molde.

A medida que se incrementa la humedad de la mezcla y un grado de compactación mayor es la conductividad. La conductividad térmica efectiva aumenta con la temperatura debido al incremento del mecanismo de transferencia de calor por radiación y la pérdida de influencia de influencia del mecanismo de conducción. [1]

1.5.3. Termo-difusividad.

La termo-difusividad caracteriza la propiedad de la sustancia de elevar su temperatura en la unidad de tiempo la termo-difusividad se expresa en $\frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$ mediante la fórmula.

$$a = \frac{\lambda}{C \gamma} \quad (1.8)$$

Donde:

λ – conductividad térmica, $\frac{\text{cal}}{\text{cm} * \text{s} * ^\circ\text{C}}$

C – calor específico, $\frac{\text{cal}}{\text{g} * ^\circ\text{C}}$

γ – densidad, en $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

1.5.4. Acumulación de calor.

Se expresa mediante la fórmula.

$$b = \sqrt{\lambda C \gamma} \quad \text{en} \quad \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 * \text{s}^{1/2} * ^\circ\text{C}} \quad (1.9)$$

El coeficiente de acumulación de calor (b) determina la cantidad de calor que el cuerpo puede absorber (acumular) a través de la unidad de superficie, en la unidad de tiempo, con una diferencia de temperatura en la superficie de 1 °C.

El coeficiente de acumulación del calor de las mezclas de moldeo se puede aumentar o disminuir en función de las características de la pieza. Para aumentarlo se añade, por ejemplo, óxido de hierro y para disminuirlo se puede emplear asbesto en polvo u otro material similar. La tabla 1.3 muestra las propiedades de algunos materiales.

Tabla 1.3. Propiedades termo-físicas de los metales y materiales de moldeo. [1]

Material	Peso específico $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	Calor específico $\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}$	Calor latente, $\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$	Conductividad Térmica, $\frac{\text{Kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}$	Termo-Difusividad ad $\frac{\text{m}^2}{\text{h}}$	Acumulación Térmica, $\frac{\text{Kcal}}{\text{m} \cdot \text{h}^{1/2} \cdot ^\circ\text{C}}$
Aluminio	2,7	0,22	100	205	0,345	350
Aleación de Al	2,5-2,9	0,22	100	205	0,345	350
Aleación de Cu	7,5-8,6	0,092	40-43	332	0,406	525
Acero al carbono	7,5-7,9	0,11	65	54	0,063	210
Hierro fundido	6,9-7,5	0,11	50	43	0,055	185
Aire	0,00129	0,24	-	0,002	0,67	0,024
Agua	1,00	1,00	70	0,48	0,48	0,690
Arcilla refractaria	1,5-1,6	0,26	-	0,89	0,0018	20,7
Arena seca	1,5-1,7	0,19	-	0,28	0,011	7
Chamota	1,8-2,2	0,25	-	0,80	0,0018	19
Mezcla de moldeo apisonado	1,5-1,6	0,20	-	0,72	0,022	16

1.5.5. Porosidad.

La porosidad de una mezcla de moldeo se define como la relación entre el volumen de espacio vacío y el volumen total de la mezcla en el molde.

Los factores de mayor influencia sobre la porosidad son el grado de compactación de la mezcla, la forma y distribución granulométrica de la arena y la humedad. [1]

1.5.6. Permeabilidad.

La permeabilidad depende de la composición de la mezcla, la forma y distribución granulométrica.

La relación entre la permeabilidad y la forma del grano no es directa y presenta formas contradictorias, ya que, por ejemplo, con el aumento de la angulosidad de los granos, los conductos capilares del molde se hacen más irregulares, con el consiguiente aumento de la resistencia del sistema al paso de los gases.

La permeabilidad es directamente proporcional al tamaño del grano. [1]

1.5.7. Capacidad de generar gases.

El calentamiento por el metal líquido de las paredes y de los machos, la humedad, los materiales aglutinantes y las diferentes adiciones (carbón, aserrín, etc.) forma una gran cantidad de vapores y gases. La propiedad de una gran mezcla de moldeo de generar vapores y gases durante su calentamiento, se conoce como capacidad de generar gases y se determina mediante el volumen de los mismos generados por la unidad de peso en un tiempo dado. [1]

1.5.8. Refractariedad.

La Refractariedad en una mezcla de moldeo es su capacidad a resistir las altas temperaturas sin ablandamiento o fusión de sus ingredientes. [1]

1.6. Propiedades tecnológicas.

Las propiedades tecnológicas que deben poseer una mezcla de moldeo son aquellas las que le permite satisfacer las exigencias que el proceso les impone como material de construcción de moldes y machos. En este sentido es adecuado el uso del término de propiedades plásticas.

La particularidad principal de la tecnología de fundición consiste en que para obtener la pieza, el metal fundido es vaciado en el molde y al enfriarse se solidifica, o sea, tiene lugar en este las transformaciones de fase, acompañadas de la reducción del volumen y la aparición de efectos de contracción: rechupes, porosidad, grietas, tensiones, que no deben haber en la moldura. [1]

1.6.1. Compactabilidad.

Es la capacidad de una mezcla de moldeo de disminuir su volumen (en un espacio cerrado) bajo la acción de su propio peso o bajo las acciones de cargas externas. A menor compactabilidad de la mezcla, mayor energía es necesario aportar al proceso de moldeo.

La compactabilidad es la característica que mide la deformación que experimenta una mezcla, en verde, cuando por efecto de las cargas externas sufre una deformación de tipo plástico. Fórmula para evaluar la compactabilidad de una mezcla de moldeo.

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^b \quad (1.10)$$

Donde:

- H_1 y H_2 altura de las probetas a las presiones P_1 y P_2 ;
- b índice del grado de Compactabilidad de la mezcla.

El grado de compactabilidad de una mezcla varía de 0-1

La compactabilidad puede designarse como la relación entre las presiones y el volumen específico de la mezcla, o sea:

$$\frac{Y_2}{Y_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^b, \quad (1.11)$$

En este caso el índice de compactibilidad oscila desde 0 - 0,06

1.6.2. Colapsabilidad.

Se define como la capacidad de formación plástica de una mezcla bajo la acción de cargas externas, pero en caliente. A esta propiedad está ligada uno de los defectos más difundidos en las pizas de acero: las grietas en caliente.

El principal factor que influye en la colapsabilidad de la mezcla es el tipo de aglutinante y el grado de calentamiento que está experimentando durante el vertido.

La mayor resistencia a la contracción de la pieza fundida la ofrece los machos. Por ello se debe poseer una colapsabilidad elevada, deformarse fácilmente y desmenuzarse durante la contracción de las pizas fundidas en estado sólido pero es difícil alcanzar ya que existen condiciones que se oponen como por ejemplo, una alta resistencia en seco superficial, para resistir las acciones erosivas del chorro del metal y las cargas metalostática dentro del molde.

Generalmente, la colapsabilidad de los moldes y machos se obtiene mediante la adición de sustancias orgánicas, con el uso de machos huecos y empleando mechas. En general la colapsabilidad es una propiedad opuesta a la resistencia en seco y en cierto modo identifica con la capacidad de desmoldeo de mezcla. [1]

1.6.3. Moldeabilidad.

Es la capacidad para adquirir una forma deseada y poseer cualidades como son, compactibilidad, resistencia, fluidez, etc.

Dietert define a la moldeabilidad como la facilidad con que una arena de moldeo puede ser apisonada, por el principio de que la energía de apisonado es proporcional a la fuerza necesaria para separar las partículas adheridas entre sí en una mezcla no apisonada., la mezcla mas trabajable, será aquella en la cual después del mezclado cada uno de sus granos (cubierta con la capa aglutinante) actúa independientemente bajo la acciones de las cargas externas de apisonada.

F. Hofman, demuestra que el ensayo es capaz de definir el grado de humedad en una mezcla de moldeo elaborada, el contenido de humedad óptimo desde el punto de vista tecnológico, en una mezcla arena – bentonita - agua es de 80%.

En la mayoría de las mezclas, el índice de moldeabilidad oscila entre el 65-85%, en dependencia del estado de la plantilla y el método de moldeo. [1]

1.6.4. Adhesividad (pegajosidad).

Es la tendencia de la mezcla a adherirse a las plantillas y cajas de machos durante el desmoldeaje y la extracción de machos, o entre ambas caras del molde, en el plano divisor. La adhesividad es indeseable en la mezcla y afecta la calidad superficial de la pieza fundida.

El fenómeno de adhesividad se presenta cuando las fuerzas de cohesión entre los granos de arena de la capa superficial y la superficie de la plantilla son superiores a las fuerzas de cohesión entre granos. La adhesividad depende de la cantidad y la calidad del material aglutinante de tipo orgánico, como el sulfito y la melaza y los inorgánicos el cemento. Los aglutinantes del tipo de aceite para machos, poseen bajo adhesividad. Los medios auxiliares más empleados son polvos separadores que no absorben humedad (licopodio), kerosene, grafito, aceites minerales, etc. [1]

1.6.5. Fluides.

La fluides es la propiedad de los metales y aleaciones en estado fundido al llenar la cavidad del molde y reproducir con exactitud los contornos de la moldura. Una buena fluides de la aleación asegura la obtención de molduras compactas de elevada calidad, la disminución de sopladuras de gas y cavidades de contracción del llenado incompleto, etc. [3]

La variación de la fluides está relacionada con la resistencia mecánica y la plasticidad de la mezcla. El aumento de plasticidad de una mezcla significa mayor fluides en ella. El aumento de resistencia implica pérdida de fluides.

La fluides está relacionada con el tipo y contenido de humedad., además, que la mayor fluides debe ser conferida por los granos redondeados y uniformes.

Se ha demostrado que la mezcla arena - arcilla para valores de humedad superior a 2,5%, la fluidez disminuye menos con el aumento de humedad en las arenas finas que en las gruesas.

Podemos decir que la práctica parece demostrar que la fluidez de la mezcla disminuye con el aumento del contenido de arcilla y con el correspondiente aumento de la resistencia.

La fluidez de la mezcla disminuye al incrementarse en esta el contenido de aglutinante viscosos .La mejor fluidez la poseen las mezcla elaboradas con materiales aglutinante grasos. [1]

1.6.6. Desmoldeabilidad.

Por desmoldeabilidad se entiende la cantidad de trabajo que se invierte en separar de la pieza fundida todas las porciones de arena unidas a ella en forma de machos o partes de moldeo donde esta se produjo.

El vidrio líquido es uno de los aglutinantes mas principales, las mezclas con vidrio líquido, endurecidas con CO₂, ocupa un primer lugar en las piezas fundidas de acero.

Los factores tecnológicos que influyen sobre la desmoldeabilidad son: la temperatura de calentamiento que alcanza la mezcla durante el vertido, el tipo de material aglutinante y los procesos que en el ocurren durante el calentamiento, también la resistencia mecánica del moldeo después de que esta asido calentada por el metal líquido. La temperatura del molde, determina el proceso físico o químico que define el grado de desmoldeabilidad y también el tiempo que la mezcla está sometida a una temperatura. [1]

1.6.7. Higroscopicidad.

En una mezcla es la capacidad de absorber la humedad del aire. La higroscopicidad se debe a que la mezcla de moldeo, en diferentes etapas del proceso, está en contacto con el aire y ella, a su vez, es un cuerpo poroso de alta superficie específica.

La higroscopicidad está directamente relacionada con las propiedades del material aglutinante de mezcla. En Cuba, por ejemplo, se emplea frecuentemente la mezcla como material aglutinante o aditivo en la mezcla.

En este caso, ello implica la necesidad de proceder al vertido de los moldes en periodos de tiempo no muy largos después de su preparación. Pero puede provocar variaciones en las propiedades de la mezcla en sentido negativo. La absorción de la humedad afecta la resistencia superficial y mecánica y eleva la capacidad de generación de gases. [1]

1.6.8. Durabilidad (capacidad de conservación).

Se define como la propiedad que posee una mezcla de conservar inalterable sus propiedades durante utilizaciones repetidas de la misma, en la obtención de piezas fundidas. [1]

Se ha demostrado que el ensayo más sensible a la pérdida de propiedades de una mezcla por utilizaciones repetidas es la determinación de su resistencia de tracción. La capacidad de conservación de una mezcla es el factor que define la economía de su utilización.

1.6.9. Vida de banco.

Se establece, por lo general, como vida de banco de una mezcla, el tiempo en que esta, preparada y mantenida en un recipiente abierto, mantiene constante una determinada propiedad, por ejemplo, la fluidez. Este puede ocurrir por varias vías, por: pérdida de humedad, reacción química, polimerización, oxidación, etc. [1]

1.6.10. Capacidad de envejecimiento.

La propiedad de una arcilla de resistir al calor antes de perder sus características aglutinantes es variable por lo que también varía la degradación que sufre.

1.7. Importancia del agua en la mezcla arena - arcilla.

Su función principal en la misma es activar la arcilla, ósea, transmitirle características plásticas, por eso se dice que el agua es un mal necesario, ya que de la humedad de

la mezcla también proviene una gran parte de los defectos en las piezas fundidas, cuando se obtiene en las llamadas mezclas en verde.

La mezcla de moldeo adquiere resistencia mediante el apisonado, o sea, a través de la acción aglomerante de las arcillas sobre los granos de cuarzo al ser forzados unos granos contra otros.

Esta acción aglomerante, la arcilla solamente la puede realizar en presencia de humedad. Existirá pues, una estrecha relación entre resistencia, humedad y contenido de arcilla. [1]

1.8. Eficiencia del mezclado.

La diferencia entre el contenido de arcilla activa en una mezcla de moldeo y la arcilla efectiva, ósea aquella que realmente trabaja en la mezcla, depende, en gran medida, de la eficiencia de los equipos de mezclado que se emplea en la preparación de las mezclas. A si pues, puede establecerse cierta eficiencia del mezclado mediante la siguiente relación.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{arcilla efectiva}}{\text{arcilla activa}} \times 100 \quad (1.12)$$

Arcilla efectiva. Parte de la arcilla total que en una mezcla en concreto desarrolla resistencia mecánica

Arcilla activa. Parte de las partículas menores de 22 micrones capaces de desarrollar capacidad aglutinante en presencia de agua.

La eficiencia máxima del mezclado es 50%. A valores inferiores de la eficiencia, es necesario aumentar el tiempo de mezclado o revisar el estado de desgaste en los órganos componentes de la mezcladora. [1]

1.9. Componente arcilloso del grano.

Componente arcilloso del grano es un conjunto de partículas muy finas de óxidos, minerales, carbonatos, etc. Los yacimientos de arena pueden contener diferentes cantidades de este. El componente arcilloso dificulta el proceso de moldeo y resta eficiencia y calidad del producto, su incremento disminuye la permeabilidad de la mezcla. [1]

CAPÍTULO II
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE MOLDEO DE LA
UEB "XX ANIVERSARIO"

Tabla 2.1. Áreas en la UEB “XX Aniversario”.

No.	Área
1	Administración
2	Área de oficinas de Ventas (almacén central)
3	Taller de fundición
4	Plantillera
5	Rebabeo.
6	Taller de maquinado
7	Taller de implementos agrícolas
8	Comedor
19	Área de chatarra

En este centro se desarrollan varias actividades productivas distribuidas por talleres:

1. Fabricación de piezas de hierro gris, Taller de Fundición Ferrosa.
2. Fabricación de piezas de bronce y aluminio, Taller de Fundición no Ferrosa.
3. Elaboración mecánica por arranque de viruta, Taller de Maquinado.
4. Fabricación de piezas y equipos agrícolas, Fábrica de Implementos Agrícolas.
5. Fabricación de moldes para fundición, Taller de Plantillería.
6. Mantenimiento a equipos, instalaciones y transporte, Taller de Mantenimiento.

El taller de producción de hierro fundido es la columna vertebral de esta UEB por lo cual se conoce este centro como “Fundición de Puerta de Golpe” su producción cubre un 45-50% de la producción total del centro, e incluso más, pues en él se fabrican las piezas de hierro que en su mayoría pasan al taller de maquinado para después salir a la venta, y otra parte pasa a otros talleres como “La Fábrica de Implementos”.

La producción de bronce ha sido prácticamente nula en los últimos años y la de aluminio es despreciable si la comparamos con la de hierro fundido, pero es igualmente necesaria. Ambas actividades son consideradas como una sola y desarrolladas por una misma brigada de trabajadores con la siguiente composición:

Tabla 2.2. Personal directo del área de fundición de la UEB “XX Aniversario”.

Personal	N°
Jefe de brigada	1
Grupo de moldeo	18
Grupo de fusión	22
Grupo de acabado	4
Técnico de control de la calidad	1
Especialista en fundición	1
TOTAL	47

La Fundición Ferrosa ocupa un área de 465m² en la que se destacan las secciones que caracterizamos a continuación:

Sección de Fusión: Dos cubilotes gemelos, de diámetro interior 620mm, revestimiento ácido y soplo frío, con vaciado continuo y escoriado a intervalos por atrás.

Sección de Machería: Esta sección es totalmente manual con cajas de macho de madera, mezcla de macho a base de melaza y aceite linaza, como aglutinantes. Los machos se secan en estufas calentadas con carbón coque.

Sección de Moldeo: Moldeo manual, en arena en verde, a base de arena sílice, arcilla (bentonita) y agua.

Sección de preparación de Materias Primas: Cuenta con un partidador de chatarra (pera) para desmenuzar la chatarra de hierro a los tamaños convenientes.

Sección de Rebarbado y Acabado: Cuenta con un equipo para eliminar las costras de fundición, por el roce entre las piezas (bombo), así como máquinas esmeriladoras para el rebarbado.

La fundición no ferrosa ocupa un área de 462 m² y está compuesta por el mismo número de secciones con la diferencia de que en la sección de fusión se emplea un horno de reverbero para la fusión de aleaciones de aluminio y uno de crisol para el Bronce.

Tal como sucede en la mayoría de las fundiciones más del 60% de las actividades productivas del proceso de producción se desarrollan en áreas de moldeo y son responsables en gran medida de un importante número de defectos de fundición, en esto juega un destacado papel la calidad de las mezclas de moldeo y de las materias primas empleadas en su preparación.

2.2. Proceso de preparación de mezclas de moldeo.

Las áreas de moldeo, de la fundición ferrosa (220 m²) y la no ferrosa (92 m²), aunque están ubicadas en talleres diferentes tienen en común la sección de machería y la de preparación de mezclas de moldeo.



Figura 2.2. Tractor pala.

Después de desmoldadas las piezas de uno y otro taller la mezcla utilizada es transportada con un tractor pala (figura 2.1) a un equipo cernidor (figura 2.2) donde por acción mecánica de vibración se desterrona y se hace pasar a un sistema de transportador de bandas que la lleva al silo de almacenamiento.



Figura 2.3. Cernidor mecánico.

También por transportador de banda se transporta del silo al mezclador de rulo (figura 2.3.) Para la preparación de la mezcla de moldeo que será empleada en la próxima jornada.



Figura 2.4. Mezclador de rulo con silo de almacenamiento.

Una vez preparada la mezcla es llevada por transportadores de banda a un área designada para esto en el taller de fundición ferrosa (figura 2.4) y desde aquí distribuida por los puestos de trabajo de cada moldeador en este taller y en el no ferroso con el tractor pala.



Figura 2.4. Área de recepción de la mezcla de moldeo preparada.

Por el proceso descrito anteriormente se prepara la denominada mezcla única, la cual es utilizada en la mayoría de las producciones para formar todo el volumen del molde. Cuando se requiera de un mejor acabado superficial de las piezas fundidas se prepara una mezcla de revestimiento (o de cara) en mezcladores de paletas de eje horizontal, igual al empleado para preparar las mezclas para machos, y se emplea la mezcla preparada en el mezclador de rulos como mezcla de relleno.

La mezcla de cara o revestimiento es la que se emplea en contacto directo con el modelo o plantilla durante el moldeo y quien va a soportar el impacto directo del metal en el molde durante el vertido. Para completar el volumen del molde se emplea la denominada mezcla de relleno que tiene menores cualidades que las dos mencionadas antes, esta es normalmente preparada a base de la mezcla de moldeo empleada antes sin adición de componentes nuevos, para una mayor economía del proceso.

Composición de la mezcla única:

- Mezcla utilizada y cernida: ----- 75%
- Arena sílice nueva: ----- 20%
- Bentonita: ----- 5%
- Melaza diluida en agua al 70 %---- hasta un 4 - 6% de humedad.

Orden y tiempo de mezclado:

1. Verter mezcla utilizada y cernida.

2. Verter arena sílice nueva.
3. Añadir bentonita y mezclar por espacio de 2 min.
4. Agregar melaza diluida en agua y mezclar durante 2 o 3 min.

Composición de la mezcla de cara:

- Arena sílice nueva: ----- 92%
- Bentonita: ----- 8%
- Melaza diluida en agua al 70 %---- hasta un 4 - 6% de humedad

Orden y tiempo de mezclado:

- 1- Verter arena sílice nueva.
- 2- Añadir bentonita y mezclar por espacio de 2 min.
- 3- Agregar melaza diluida en agua y mezclar durante 2 o 3 min.

Composición de la mezcla de relleno:

- Mezcla utilizada y cernida: ----- 100%
- Melaza diluida en agua al 70 %---- hasta un 4 - 6% de humedad

Orden y tiempo de mezclado:

1. Verter mezcla utilizada y cernida.
2. Agregar melaza diluida en agua y mezclar durante 2 o 3 min.

La humedad se toma sobre el 100 % de peso de mezcla, en los tres casos.

La sección de machería está ubicada al final del área de moldeo del taller de fundición ferrosa y en ella se preparan los machos para ambos talleres.

Las mezclas para machos se preparan en un mezclador de paletas con eje horizontal, a base de aglutinantes orgánicos que se endurecen por calor, por lo que después de confeccionados los machos son introducidos en una estufa que emplea coque como combustible donde son secados antes de ser colocados en los moldes. Las composiciones más empleadas para macho se dan en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Composición de las mezclas para machos.

Materiales	Porcentaje en peso de mezcla		
	I	II	III
Arena sílice nueva	94,5	88	97
Melaza de caña	5,5	8	
Bentonita		3	
Aceite linaza		1	3

I- Mezcla a base de melaza para uso general (la más empleada)

II- Mezcla a base de melaza para uso específico cuando se necesita resistencia en verde.

III- Mezcla a base de aceite linaza para machos de configuración compleja que necesitan gran fluidez, alta resistencia en seco, y alto desmoranamiento en el desmoldeo.

Orden y tiempo de mezclado para las mezclas I y III:

- 1- Verter arena sílice nueva.
- 2- Añadir aglutinante (melaza o aceite linaza) y mezclar por espacio de 3 a 5 min.

Orden y tiempo de mezclado para la mezcla II:

- 1- Verter arena sílice nueva.
- 2- Añadir bentonita y mezclar por espacio de 2 min.
- 3- Agregar aceite linaza y mezclar durante otros 2 min.
- 4- Agregar melaza y mezclar durante 2 o 3 min.

No se emplea ningún método para la recuperación de las mezclas de moldeo, solo cuando los defectos que son consecuencia de la calidad de estas, o sea cuando aparecen poros, sopladura y otros defectos que se supone sean causa de una gran cantidad de finos en las mezclas, entonces se cambian en su totalidad por arena nueva incurriendo en un gasto excesivo por este concepto.

Tampoco cuentan con un laboratorio para controlar la calidad de las mezclas de moldeo y para macho, solo controlan la humedad por diferencia de peso de una muestra secándola en una estufa eléctrica a 110°C durante 10 minutos.

Por experiencia realizan algunas pruebas empíricas que les ayudan a controlar en determinada medida la calidad de las mezclas de moldeo, a continuación describimos algunas de ellas:

1- Para verificar humedad y compactabilidad, al mismo tiempo, emplean una prueba sencilla, toman una muestra de mezcla con la mano y la aprietan firmemente:

a) Si al abrir la mano la mezcla está bien compacta y en ella se observan bien delineadas las huellas digitales y la mano queda relativamente limpia, entonces la mezcla tiene la humedad correcta y la cantidad de bentonita y mezclado adecuados.

b) Si la mano queda muy sucia, la humedad es mayor a la necesaria.

c) Si se aplica un esfuerzo de cizallamiento a la muestra compactada y se parte sin desmoronarse evidencia buena compactabilidad.

d) Si se frota y no se desmorona fácilmente tiene buena resistencia superficial.

2- Otra prueba sencilla consiste en lanzar una pequeña muestra contra la pared:

a) Si se adhiere firmemente indica buenas propiedades,

b) Si no se pega y por el contrario se desmorona, entonces le falta compactabilidad, ya sea por baja humedad, cantidad insuficiente de arcilla o mal mezclado.

2.3. Incidencia de las mezclas en la calidad de las piezas fundidas.

Se tomó el informe de calidad de la producción de los últimos cinco meses del año 2010 o sea de agosto a diciembre, listando por cada día de fundición la cantidad de defectos detectados con las causas determinadas por el personal de control de la calidad. Con ayuda de Excel a través del empleo de una tabla dinámica se obtuvo el resumen de la incidencia de las principales causas de los defectos detectados (tabla 2.4), resultados que se representan a través del Diagrama de Pareto de la figura 2.5.

Tabla 2.4. Incidencia de las principales causas de rechazo.

Defecto	Código	% Rechazo	% Acumulado
Caja Corrida.	M05	23.91	23.91
Deformación del Molde*.	M07	17.07	40.98
Escoria	F06	12.10	53.09
Rechupe	F07	12.06	65.15
Caja que se sale*	F05	6.72	71.87
Macho Partido*	M08	6.59	78.46
Metal frío	F02	6.05	84.52
Sopladura*	F01	4.22	88.73
Macho Corrido	M04	3.59	92.32
Desprendimiento*	M01	3.26	95.58
Arrastre*	M03	2.71	98.29
Pieza Rota	A01	1.21	99.50
Sin Macho	M06	0.46	99.96
Mal Rebabeada	A02	0.04	100.00

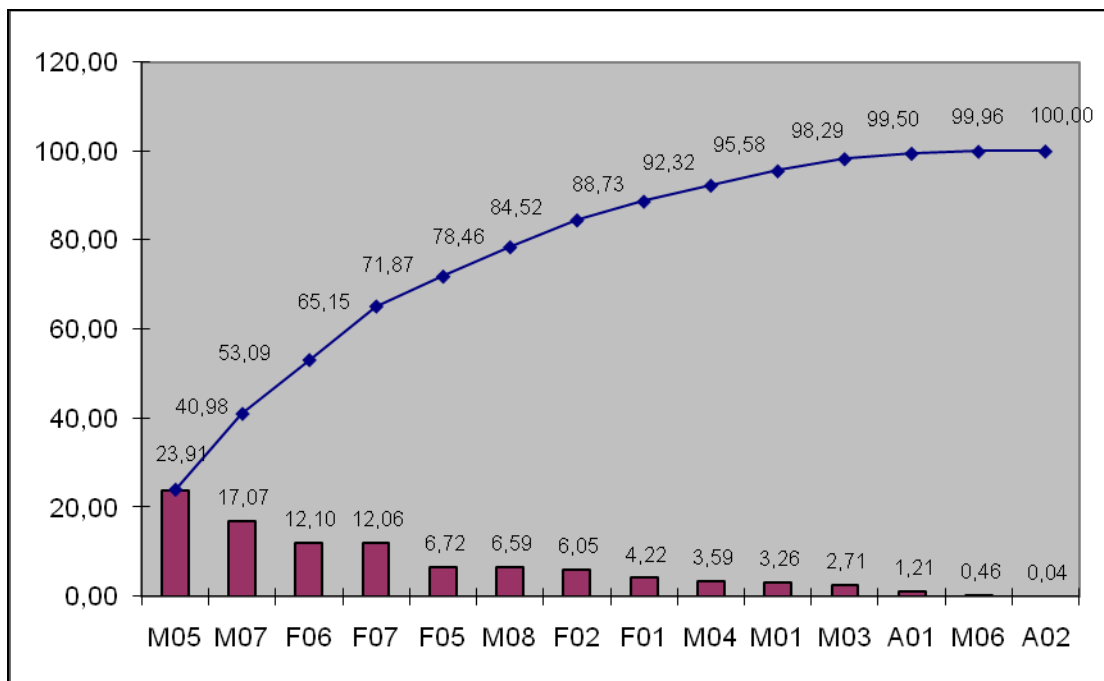


Figura 2.5. Incidencia de las principales causas de rechazo.

Los defectos señalados con asterisco (*) son considerados dependientes de las propiedades de las mezclas de moldeo. Como puede observarse estos defectos representan el 39,87% dentro de las principales causas que ocasionan defectos en el proceso de fundición de piezas en la UEB "XX Aniversario", aunque en nuestro criterio este porcentaje pudiera crecer con un control más exhaustivo, pues existen algunos defectos cuya apariencia tiende a confundir.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA.

3.1 Selección e implementación de los ensayos a realizar.

A partir del estudio teórico de las propiedades termo-físicas y tecnológicas de los materiales y mezclas de moldeo, así como los ensayos para determinarlas; además, de la situación del proceso de elaboración y empleo de mezclas de moldeo en la UEB “XX Aniversario”, los materiales empleados en su composición, los defectos asociados a estas causas y la disponibilidad de recursos se seleccionó un grupo de ensayos cuya técnica operatoria se describe a continuación. También se relacionan los equipos y materiales principales a emplear en cada caso, así como las acciones fundamentales para su implementación.

Los ensayos seleccionados se realizan con equipos que estaban inactivos en la UPR “Hermanos Saiz Montes de Oca” y que fueron recuperados en su totalidad, los reactivos y algunos otros medios fueron facilitados por el Laboratorio de Química de dicha entidad.

3.1.1 Componente arcilloso de grano.

- a) Se pesa 10 g de arena de la muestra (en dependencia al contenido probable de arcilla).
- b) Se coloca en un recipiente de vidrio (Beaker 1000 ml) relleno hasta la mitad de H₂O (destilada).
- c) Se hierve el H₂O con la muestra durante 3 o 4 minutos.
- d) Después de hervido se coloca en un agitador eléctrico y entonces se mezcla durante 10 minutos.
- e) Se procede a lavar las partículas de arena adheridas a las paletas y a las paredes del recipiente para que se desprendan y vayan al fondo.
- f) Después se procede a eliminar el componente arcilloso que este mezclado con el H₂O:
 - Se agita y se rellena con H₂O hasta 150mm por encima de la abertura de aspiración del sifón.
 - Se deja reposar durante un cierto tiempo que dependen de la temperatura del agua, según se muestra en la tabla 3.1.

- Se extrae agua turbia mediante el sifón, cuya abertura está situada a 25mm de fondo.

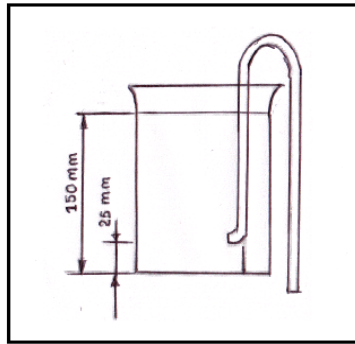


Figura 3.1. Sifón

- Después del sifoneado se vuelve a llenar con agua el recipiente y se repiten todas las operaciones de los pasos (d) al (f), tantas veces como sea necesario, hasta que el agua quede clara.
- Después del último vaciado se pasa su contenido por un papel filtro.
- La arena filtrada contiene todos los granos de arena mayores a 22 micrones.
- Se seca el filtro junto con la arena a 150 °C.
- La diferencia entre el peso original de la muestra y el peso de la arena después del secado, expresada en %, dará el contenido del componente arcilloso de dicha muestra.

Tabla 3.1. Tiempo de sedimentación, en función de la temperatura del agua

Temperatura °C	Tiempo de sedimentación.
12	5' 30"
14	5' 15"
16	5' 00"
18	4' 50"
20	4' 40"
22	4' 30"
24	4' 15"

Equipos y materiales.

Beaker de 1000 ml, agua destilada, lixiviador, estufa (o lámpara de secado rápido), hornilla eléctrica, sifón estándar de 9mm, papel de filtro, balanza.

Mezclador.

Este equipo tiene como objetivo mezclar los materiales y formar mezclas de moldeo. Es una copia reducida de la maquina mezcladora aplicada en fundiciones para la preparación adecuada de la arena de moldeo.

Descripción técnica.

El aparato está montado en una base, el motor hace girar al grupo de ejes que están unidos por medio de acoples, incluido las paletas de mezcla que están en un recipiente, la velocidad de giro se lo puede variar mediante un reductor.

Datos técnicos.

- | | |
|--|-------------|
| - Capacidad máxima. | 2000 g |
| - Tensión de régimen del motor monofásico de impulsión. | 110 V |
| - Rendimiento del motor monofásico impulsión. | 1/3 HP |
| - Numero de revoluciones del motor monofásico de impulsión | 1700 r.p.m. |

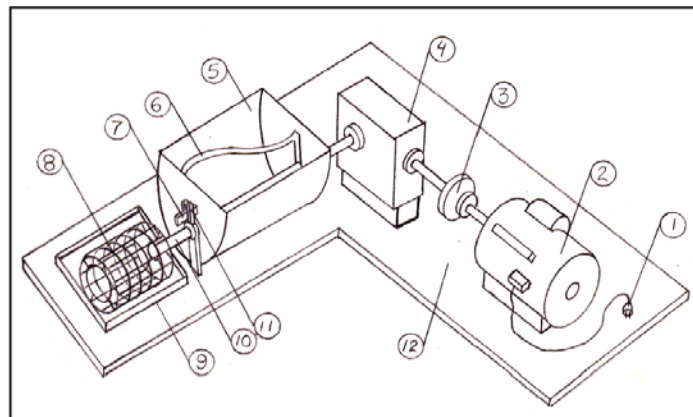


Fig. 3.2. Mezclador de Laboratorio.

Partes de Mezclador

- | | | |
|---------------------|--------------------|-------------------------------|
| 1- Espiga. | 5- Recipiente. | 9- Bandeja. |
| 2- Motor eléctrico. | 6- Paletas. | 10- Eje de salida. |
| 3- Acople. | 7- Palanca. | 11- Dispositivo de seguridad. |
| 4- Reductor. | 8- Tambor de malla | 12- Base. |

Lixiviador.

Tiene como objetivo determinar contenido del componente arcilloso.

Descripción técnica.

Este equipo está instalado en una base, en la parte superior está montada un motor, esto impulsa al eje (10) de paletas (11) que gira para mover la mezcla de arena. Más bajo hay un tornillo de fijación (4) que se desliza en una corredera cilíndrica vertical, el que se puede sujetar a una altura deseada. En la base de aluminio se coloca el recipiente. En la parte posterior del soporte se ha provisto un interruptor para conectar y desconectar el motor.

Datos técnicos.

- Rendimiento del motor 50 W
- Número de revoluciones 1700 r.p.m.
- Tensión de servicio del motor 120 V

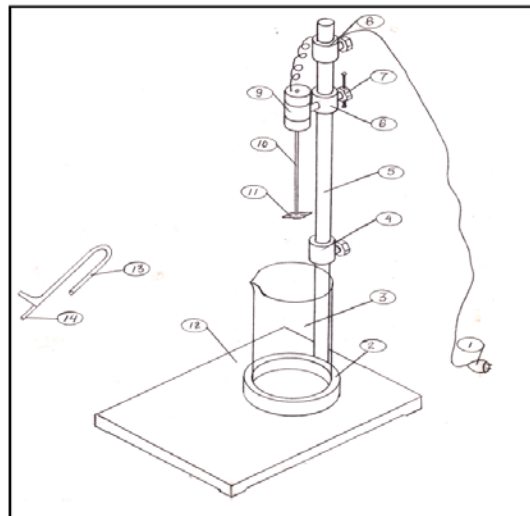


Figura. 3.3. Lixiviador

Partes del Equipo.

- | | | |
|---------------------------|--------------------------|-------------|
| 1- Toma de corriente. | 6- Abrazadera. | 11- Paleta. |
| 2- Base de aluminio. | 7- Tornillo de fijación. | 12- Base. |
| 3- Recipiente de cristal. | 8- Aditamento superior. | 13- Sifón. |
| 4- Aditamento inferior. | 9- Motor eléctrico. | 14- Apoyo. |

3.1.2 Poder de hinchabilidad.

- a) En una probeta de 100cm³ con agua hasta la medida de 100
- b) Se añade poco a poco 2 g de bentonita sin agitar.
- c) Se reposa hasta 24 horas, al cabo de las cuales la arcilla se habrá hinchado y ocupa un volumen que expresara el poder de hinchabilidad.

Nota:

Una bentonita de sodio puede sobrepasa los 24cm³.

Equipo y Materiales.

Probeta de 100cm³, balanza, agua.

3.1.3 Índice de hinchabilidad.

- a) Pesar 2 gr de bentonita y colocarlos en una probeta graduada (seca debe ocupar 2,5 ml).
- b) Poco a poco se añade 100ml de agua.
- c) Transcurrida las 24 h se lee el total de ml que ocupa esa bentonita.
- d) Dividiendo dichos ml por 2,5 se obtiene el índice de hinchabilidad.

Nota:

Una bentonita de sodio debe dar un índice superior a 9.

Equipo y Materiales.

Probeta de 100cm³, H₂O, balanza.

3.1.4 Humedad:

- a) Pesar 20g de mezcla de moldeo (G)
- b) Se coloca en el platillo de secado rápido (2) el que se debe colocar bajo la pantalla (3). Para esta operación se puede utilizar, también, una estufa (a 110 °C durante 15 minutos)
- c) Por medio de un interruptor se enciende la lámpara.

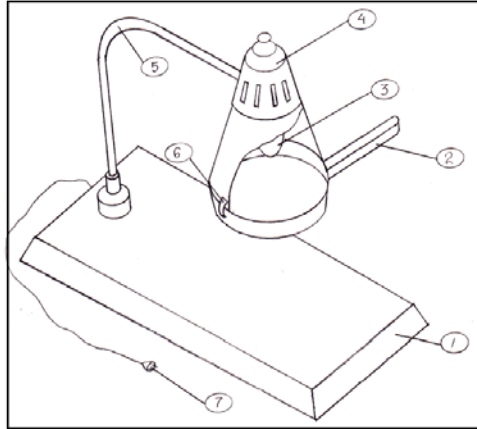


Fig.3.4. Lámpara de secado rápido.

Partes del equipo.

- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1- Base . | 5- Soporte metalico. |
| 2- Platillo de secado. | 6- Pestaña. |
| 3- Bombillo. | 7- Espiga |
| 4- Pantalla. | |

Instalación, puesta en servicio.

Colocar el equipo con el soporte (1) en una mesa y atornillar el radiador infrarrojo (bombillo). Realizar la conexión del cable en el enchufe, y a partir de este momento el equipo está listo para el servicio.

3.1.5 Permeabilidad al gas.

Antes de realizar este ensayo se debe preparar el equipo (permeámetro): el equipo se debe instalar en un sitio libre de vibraciones. Se debe prever que esté situado en una superficie horizontal. El tanque (11) se debe llenar de agua destilada hasta la marca A. La superficie del agua debe estar a una altura adecuada para que la marca cero (0) de la campana este un poco por encima del borde del recipiente del agua. Por lo tanto, dentro de ella queda contenido un cierto volumen de aire (2000 cm^3) actuando el agua como sello.

Para determinar la permeabilidad de una mezcla de moldeo se emplea una probeta normalizada con un diámetro de 50 mm y una altura de 50 ± 1 mm preparada por

compactación (tres golpes) en un retacador para probetas de arena como el que se muestra la figura 3.5. Se procede de la siguiente forma:

- a) Se pesa una cierta cantidad de arena que oscila entre 145 - 170 g en las mezclas convencionales y deben ser determinadas experimentalmente, según la mezcla, (150 g para las mezclas estudiadas).
- b) Se echa la mezcla de moldeo en el tubo de apisonamiento (12), figura 3.5.
- c) Se coloca previamente en su base (1).
- d) Mediante el brazo y el disco excéntrico (6), se levanta el dispositivo apisonador junto con el peso (11).
- e) Se baja lentamente el dispositivo apisonador.
- f) Realizar los golpes, que se efectúan accionando leva pequeña (9) tres veces consecutivas, no demasiado rápido.
- g) Comprobar la altura de la probeta dentro del tubo, esta debe ser de 50 ± 1 mm.
- h) El cilindro con la probeta se retira del retacador y se encuentra lista para colocarla en el permeámetro que se muestra en la figura 3.5.
- i) Colocar el tubo de apisonamiento del retacador con la probeta en su interior en la pieza interpuesta cónica de goma, que se halla a lado derecho del tanque de agua (11), la parte del tubo de apisonamiento de mayor espacio libre se debe colocar abajo a fin de que la probeta no sea destruida por las toberas (8 y 9) que se encuentran allí.

En este equipo, el aire atrapado en la campana (10) bajo una presión constante de 10 cm de la columna de agua, es obligado a subir a través de uno de los dos orificios (0,5 y 1,5 mm) que está situado en la parte inferior (el espacio libre) del cilindro de apisonamiento, que contiene la probeta de mezcla de moldeo figura 3.5 esquema 1, de esta forma el aire que sale por uno u otro orificio debe pasar a través de la probeta para salir a la atmósfera.

j) Seleccionar la tobera por medio de la válvula (1), el aire, forzado por la campana, trata de atravesar la muestra de arena, según se muestra en el esquema de la figura 3.6 (esquema 2).

Al paso del aire, la probeta de arena ofrece determinadas resistencia, la que será directamente proporcional a la presión en el tubo de apisonamiento (contrapresión) la cual es leída en el manómetro (6).

k) Tomar los datos del manómetro situado en la parte delantera del permeámetro el cual posee una escala adaptada de presión en cm columna de agua. Con estos datos se entra a la tabla 3.2 y se lee el valor de permeabilidad.

Cuando la campana llega al fondo del tanque, si desea realizar otro ensayo, se abren las toberas con la llave de paso (1), se levanta lentamente la campana para no dañar a las toberas, hasta llegar al punto cero para su respectivo proceso.

Equipos a emplear.

Retacador, permeámetro, balanza, reloj.

Tabla 3.2. Presión de la permeabilidad y correspondencia entre los valores obtenidos con los orificios de 0,5 y 1,5 mm [8]

Presión g/sq cm	Permeabilidad		Presión g/sq cm	Permeabilidad	
	Orificio pequeño 0,5 mm	Orificio grande 1,5mm		Orificio pequeño 0,5 mm	Orificio grande 1,5mm
0,1	-	-	5,1	14,3	134
0,2	-	-	5,2	13,8	128
0,3	-	-	5,3	13,4	126
0,4	-	2450	5,4	13,0	122
0,5	-	200	5,5	12,6	119
0,6	-	1620	5,6	12,2	115
0,7	-	1350	5,7	11,8	112
0,8	-	1200	5,8	11,4	108
0,9	-	1060	5,9	11,0	105
1,0	-	950	6,0	10,7	102
1,1	-	850	6,1	10,3	99
1,2	-	780	6,2	10,0	96
1,3	-	710	6,3	9,7	93
1,4	-	650	6,4	9,4	90
1,5	-	610	6,5	9,0	88
1,6	-	550	6,6	8,8	85
1,7	-	525	6,7	8,5	82
1,8	-	492	6,8	8,2	80
1,9	-	467	6,9	7,9	77
2,0	49	440	7,0	7,7	75
2,1	47	417	7,1	7,5	73
2,2	44	398	7,2	7,2	70
2,3	42	376	7,3	7,0	67
2,4	40	358	7,4	6,7	65
2,5	38	341	7,5	6,5	63
2,6	36	326	7,6	6,3	61
2,7	34	313	7,7	6,0	58
2,8	33	300	7,8	5,8	56
2,9	31	287	7,9	5,6	54
3,0	30	275	8,0	5,3	52
3,1	29	264	8,1	5,1	50
3,2	28	253	8,2	4,9	48
3,3	27	243	8,3	4,7	46
3,4	25,8	235	8,4	4,4	44
3,5	24,2	226	8,5	4,2	42
3,6	23,4	219	8,6	4,0	40
3,7	22,7	212	8,7	3,7	38
3,8	21,8	205	8,8	3,5	36
3,9	21,0	198	8,9	3,3	-
4,0	20,0	193	9,0	3,1	-
4,1	19,5	185	9,1	2,9	-
4,2	19,0	178	9,2	2,6	-
4,3	18,4	173	9,3	2,4	-
4,4	17,8	167	9,4	2,2	-
4,5	17,3	163	9,5	1,9	-
4,6	16,7	156	9,6	1,7	-
4,7	16,2	151	9,7	1,4	-
4,8	15,7	146	9,8	1,1	-
4,9	15,2	142	9,9	-	-
5,0	14,7	138	10,00	-	-

Retacador.

Con este equipo se puede realiza diferentes muestras tanto en verde como en seco.

Descripción técnica:

Este equipo está montado en un soporte de fundición de hierro (figura 3.5). Para el ajuste de la posición correcta de éstos se utiliza clavijas. Encima se halla una masa de golpe, la que choca contra el bloque de apisonado.

A este último se conecta la barra apisonadora, que lleva en su extremo la cabeza apisonadora. La manivela izquierda se utiliza para levantar el dispositivo de apisonamiento, con el fin de hacer posible la colocación de los equipos auxiliares. Dando vueltas a la manivela derecha se levanta la masa de golpe y se la deja caer, respectivamente.

Datos técnicos.

- Diámetro de la probeta cilíndrica 50 mm
- Longitud de la probeta cilíndrica 50 mm
- Magnitud de la masa de golpe 6670 g

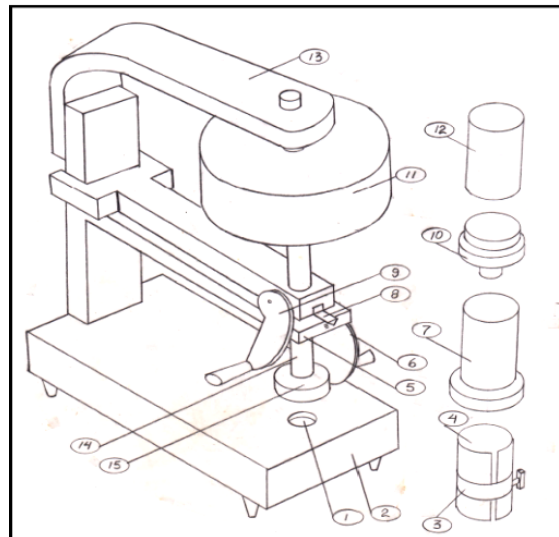


Figura 3.5. Retacador y sus accesorios.

Partes del equipo.

1- Base u orificio.	6- Leva o baso excéntrico.	11- Masa.
2- Base de acero.	7- Dispositivo de madera.	12- Cilindro.
3- Aro de ajuste.	8- Chapilla.	13- Estructura de chapas.
4- Cilindro elástico.	9- Leva pequeña.	14- Barra.
5- Superficie frontal.	10- Dispositivo	15- Cabeza apisonad

Permeámetro.

Dicho equipo sirve para la determinación de la permeabilidad a los gases de probetas secas o húmedas.

Descripción técnica.

El equipo consiste en un recipiente de agua cilíndrico, montado en una placa de madera, y en una campana alojada en el cilindro. En la base de madera hay un manómetro de baja presión, una llave que da paso al aire, así como una pieza interpuesta cónica de goma donde están instaladas boquillas de 0.5 y 1.5 mm.

El manómetro está provisto de una graduación donde se señala la presión de la columna de agua entre los límites de 0 a 100mm.

La permeabilidad a gas es un número sin dimensiones, que indica la cantidad de aire en cm³ que, bajo una presión de la columna de agua de 1cm transcurren en el espacio de 1 minuto 1 cm³ de la arena.

Datos técnicos.

- Alcance de medición	100 mm (columna de agua)
- Capacidad del aire de la campana	2000 cm ³
- Taladro de toberas pequeña	0.5 mm
- Taladro de toberas grande	1.5 mm

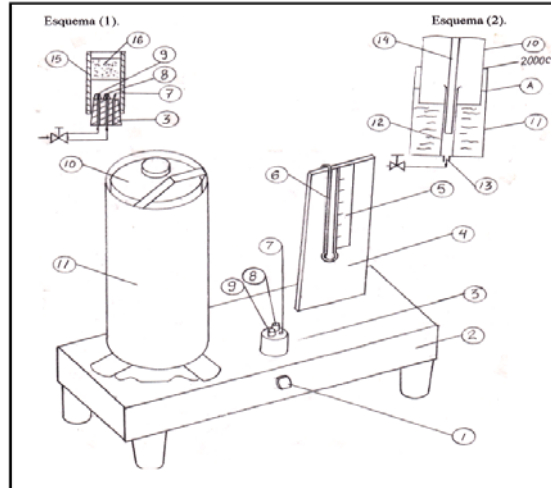


Figura 3.6. El permeámetro y sus partes.

Partes del equipo.

- | | | |
|--------------------|--------------------|---------------------|
| 1- Llave de paso. | 7- Salida de aire. | 13- Tubo de salida. |
| 2- Base de madera. | 8- Tobera de alta. | 14- Guía. |
| 3- Sello de goma. | 9- Tobera de baja. | 15- Cilindro. |
| 4- Placa vertical. | 10- Campana. | 16- Probeta. |
| 5- Escala. | 11- Tanque. | |
| 6- Manómetro. | 12- Tubo. | |

3.1.6 Arcilla activa por el método de azul de metileno:

Tomar 5 g de mezcla, previamente secado a 110 °C durante 10 minutos para eliminar toda la humedad.

- a) La muestra se coloca en un frasco erlenmeyer.
- b) Se añade 50 ml de agua destilada.
- c) El agua con la mezcla se agita durante 5 - 10 minutos en un agitador, o se hierve durante 5 minutos.
- d) Se enfría y se añade 2cm³ de SO₄H₂ (ácido sulfúrico 5 normal)
- e) Se mezcla rigurosamente durante 30 segundos.
- f) Mediante una bureta se añade 1ml de una solución de azul de metileno (3,74 g/dm³) agitándose a mano después de cada adición.
- g) A continuación se agita con una varilla de vidrio y con esta, se deja caer una gota sobre un papel de filtro.

- h) La gota dejara en el papel de filtro una mancha azul oscuro rodeado de una aureola incolora.
- i) Al cabo de añadir cierta cantidad de ml de la solución de azul de metileno a la muestra contenida en el erlenmeyer, en el papel del filtro la mancha azul aparecerá rodeada de una aureola azul-verde.
- j) Se da por terminada el ensayo si transcurrido 2 minutos, con una nueva gota persiste la aureola azul-verde.
- k) El número de ml(o cm^3) gastados de solución de azul de metileno nos da una medida de la arcilla activa en la muestra (la arcilla de hierro fundido debe estar entre 8-10 %.)

La interpretación de los resultados del ensayo requiere conocer el tipo de arcilla o bentonita que empleamos en la mezcla, así como su contenido, de manera que podamos construir previamente una curva patrón (curva de calibración) que nos relaciona contenido de arcilla con ml de azul de metileno.

Un procedimiento sencillo consiste en preparar una mezcla que contenga 10% de la arcilla cuya actividad queremos conocer y efectuar el ensayo sobre muestras de 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5 g de mezcla lo que equivale al contenido de arcilla 1, 2,3,...,10 %, en muestras de 5 g de dicha mezcla. Debe tenerse bien presente que los resultados son validos para un solo tipo de arcilla en la mezcla.

Equipos y materiales.

Estufa (lámpara de secado rápido), balanza, 2 frasco erlenmeyer 250, reloj, azul de metileno ($3,74 \text{ g/dm}^3$), acido sulfúrico 5 N, agua destilada, bureta y soporte, varilla de vidrio, una probeta de 50 cm^3 , papel de filtro, hornilla eléctrica.

3.1.7 Índice de fragmentación.

- a. Tomar una muestra de mezcla de moldeo.
- b. Apisonar la muestra y pesarla.
- c. Colocar la muestra sobre el yunque del descompactador.
- d. Dejar caer una esfera de acero de diámetro 5 cm desde la ventana (10), situada a una altura de 94,3 cm.
- e. Recoger la arena que pasa a través de la malla metálica y pesarla.

El índice de fragmentación se expresa por la siguiente fórmula:

$$\text{Íf} = \frac{P_p - P}{P_p} \times 100\% \quad (3.2)$$

Donde:

If – índice de fragmentación.

P_p – peso de la probeta.

P – peso de la arena que pasa a través de la malla.

Materiales y equipos.

Descompactador, balanza.

Descompactador.

Tiene como objetivo determinar el índice de fragmentación.

Descripción técnica.

Este equipo está instalado en una base, en la parte superior está la ventana por donde se introduce la esfera, en el inferior se encuentra un yunque metálico de diámetro de 5 cm. El yunque está situado en el centro de un recipiente circular cuyo fondo es una malla metálica de 0,5 cm de luz. El diámetro del recipiente es de 7cm.

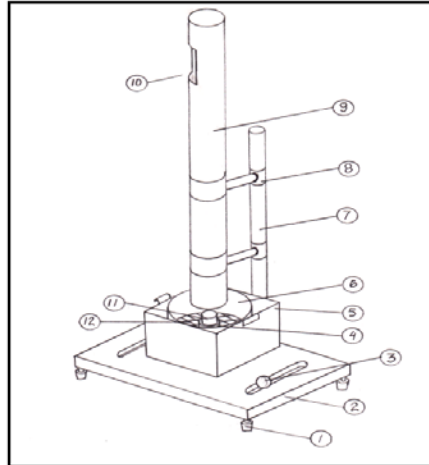


Figura 3.7. Descompactador.

Partes del Equipo.

- | | | |
|---------------|-------------------|------------------------|
| 1- Tornillos. | 5- Caja metálica. | 9- Tubo. |
| 2- Base. | 6- Depósito. | 10- Ventana. |
| 3- Esfera. | 7- Columna. | 11- Probeta de ensayo. |
| 4- Yunque. | 8- Abrazaderas. | 12- Malla. |

3.2. Valoración de las mezclas de moldeo en la UEB “XX Aniversario”.

Los ensayos fueron realizados sobre muestras de los materiales principales empleados en la preparación de las mezclas (arena sílice y bentonita) y muestras de las mezclas de moldeo empleadas en el proceso de fundición de piezas ferrosas y no ferrosas. También se preparó una mezcla de moldeo con materiales nuevos para ser empleada como muestra patrón y compararla con las mezclas en uso.

Composición de la mezcla patrón:

- Arena sílice nueva: ----- 90 %
- Bentonita: ----- 10 %
- Agua ----- 4 % (sobre el 100 %)

Se realizó el ensayo de azul de metileno sobre muestras de 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5;...; 5g de esta mezcla siguiendo la técnica operatoria descrita el epígrafe 3.1.6 para confeccionar la curva patrón que servirá para determinar posteriormente el contenido de arcilla activa en muestras empleadas en el taller con estos mismos materiales.

Los resultados se expresan en la tabla 3.3 y la curva patrón está representada en la figura 3.8.

Tabla. 3.3. Resultados del ensayo para determinar la curva patrón.

Mezcla g	A. Metil. ml	Bentonita %
0.5	6	1
1.0	10	2
1.5	14	3
2.0	17	4
2.5	21	5
3.0	23	6
3.5	26	7
4.0	28	8
4.5	34	9
5.0	37	10

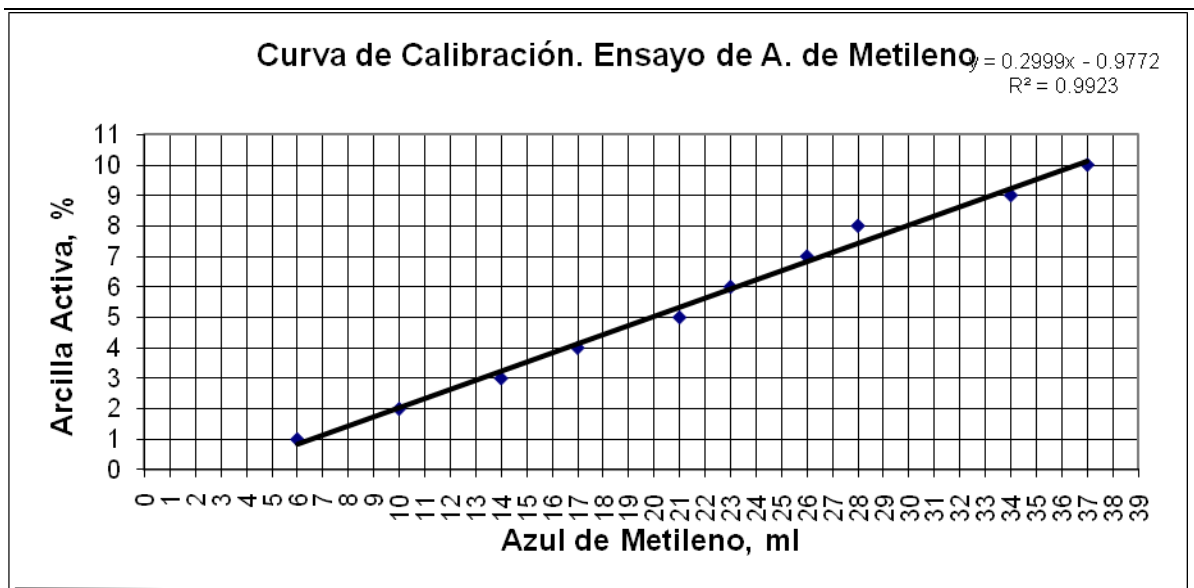


Figura. 3.8. Curva de calibración para ensayos de azul de metileno.

3.2.1 Componente arcilloso.

Este ensayo se realizó sobre una muestra de arena, una de la mezcla patrón y tres de la mezcla empleada en el taller. Los resultados se muestran en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Componente arcilloso

Muestra	P _o (g)	P _f (g)	C _a (%)
Arena sílice	10	9,8	2
Mezcla patrón	10	8,8	12
Mezcla 1	10	8,1	19
Mezcla 2	10	8,0	20
Mezcla 3	10	8.1	19

3.2.2 Poder de hinchabilidad.

Este ensayo se realizo sobre una muestra de bentonita empleada en el taller. Los resultados se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Poder de hinchabilidad

Peso (g)	Volumen(cm ³)
20	11

3.2.3 Índice de hinchabilidad.

Este ensayo se realizo sobre una muestra de bentonita empleada en el taller. Los resultados se muestran en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Índice de hinchabilidad

Peso (g)	V _i (cm ³)	V _f (cm ³)	I
20	2,5	11	4,4

3.2.4 Humedad

Se tomaron cuatro muestras: una de la mezcla patrón y tres de las mezclas empleadas en el taller, y se realizaron tres replicas del experimento a cada una; los resultados se muestran en la tabla 3.7

Tabla 3.7. Humedad de mezcla de moldeo de la UEB "XX Aniversario"

Muestra	Replicas	G1 (g)	H (%)	Promedio de H (%)
Patrón	1	18,9	5,5	4,83
	2	19,1	4,5	
	3	19,2	4	
Mezcla de moldeo 1	1	19,2	4	4,5
	2	19	5	
	3	19,1	4,5	
Mezcla de moldeo 2	1	19	5	5,17
	2	19	5	
	3	18,9	5,5	
Mezcla de moldeo 3	1	18,9	5,5	5,33
	2	19	5	
	3	18,9	5,5	

3.2.5 Permeabilidad

Este ensayo se realizó sobre el mismo número de muestras y replicas del punto anterior. Obsérvese los resultados en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Permeabilidad de la mezcla moldeo de la UEB "XX Aniversario".

Muestra	Replicas	Presión cm CA		Permeabilidad		Promedio
		Tobera	Tobera	Tobera	Tobera	
		0,5mm	1,5mm	0,5mm	1,5mm	
Patrón	1	0,5	5,5	-	119	133
	2	0,5	4,9	-	142	
	3	0,5	5	-	138	
Mezcla de moldeo 1	1	0,6	5,9	-	105	185,6
	2	0,3	3	-	275	
	3	0,5	5	-	138	
	4	0,3	3,3	-	243	
	5	0,4	4,4	-	167	
Mezcla de moldeo 2	1	0,4	4,8	-	146	206,75
	2	0,3	3,1	-	264	
	3	0,3	3	-	275	
	4	0,4	4,9	-	142	
Mezcla de moldeo 3	1	0,5	4,9	-	142	143,33
	2	0,4	4,8	-	146	
	3	0,5	4,9	-	142	

3.2.6 Arcilla activa por el método de azul de metileno.

Este ensayo se realizó sobre las tres muestras tomadas de las mezclas de moldeo de la UEB. Los resultados se muestran en la tabla 3.9.

Tabla 3.9. Arcilla activa por el método de azul de metileno

Muestra	Réplicas	ml de A.de Met	% de arcilla	Promedio
Mezcla 1	1	37	10,1	10
	2	36	9,8	
	3	37	10,1	
Mezcla 2	1	37	10,1	10,1
	2	38	10,4	
	3	36	9,8	
Mezcla 3	1	38	10,4	10,4
	2	39	10,7	
	3	37	10,1	

3.2.7 Índice de Fragmentación.

Este ensayo se utilizó sobre las mismas cuatro muestras, con tres replicas. Los resultados se muestran en la tabla 3.10.

Tabla 3.10. Índice de Fragmentación

Muestra	Replicas	Pp (g)	Pa (g)	If (%)	Promedio
Mezcla Patrón	1	145,7	14,3	90,3	91,03
	2	147,4	13,5	90,8	
	3	147,3	11,8	92,0	
Mezcla 1	1	147,1	12,3	91,6	89,93
	2	147,2	11	92,5	
	3	147,2	21,1	85,7	
Mezcla 2	1	147,9	13,8	90,7	89,83
	2	147	16,7	88,6	
	3	146,3	14,4	90,2	
Mezcla 3	1	147,2	18,7	87,3	87,40
	2	147,2	17,1	88,4	
	3	147,2	19,8	86,5	

3.3. Análisis de los resultados.

A partir del resumen de los resultados de los diferentes ensayos (tabla 3.11), podemos emitir los siguientes criterios valorativos de los materiales y las mezclas de moldeo empleadas en la UEB “XX Aniversario”:

Tabla 3.11. Resumen de los resultados de los ensayos.

	Arena	Bentonita	Mezcla Patrón	M1	M2	M3
Componente Arcilloso	2	-	12	19	20	19
Poder de Hinchabilidad	-	11 cm ³	-	-	-	-
Índice de Hinchabilidad	-	4,4	-	-	-	-
Humedad	2	-	4,83	4,5	5,17	5,3
Permeabilidad	-	-	133	185,6	206,75	143,33
Arcilla Activa	-	-	10	10	10,1	10,4
Índice Fragmentación	-	-	91,03	89,93	89,83	87,4

1. La arena empleada clasifica dentro de la categoría de arena de cuarzo, con pureza adecuada para la fundición.
2. La bentonita posee un poder y con índice de hinchabilidad muy inferior a las bentonitas sódicas descritas en la literatura: 11cm³ y 4,4 contra 24 cm³ y 9, respectivamente.
3. La humedad de las cuatro mezclas analizadas está entre los parámetros considerados óptimos para un contenido de arcilla dado (obsérvese la tabla 3.12) y en el rango establecido en la literatura para fundición de hierro.

Tabla 3.12. Humedad optima en mezclas arena-arcilla, según P.P. BERG [1]

Contenido de los componentes,%		Humedad optima %
Arcilla	Arena	
2,5	97,5	3,5
5	95	4
10	90	4,9
15	85	5,7
20	80	6,4
25	75	7,2

4. Si comparamos las mezclas M_1, M_2 y M_3 con la mezcla patrón observamos que:
- a) La arcilla activa tiene un valor similar para todos los casos.
 - b) El componente arcilloso es mayor en siete unidades lo cual debe estar dado por la arcilla que ya se quemó y partículas pequeñas de arena producto a su fragmentación en el proceso.
 - c) El índice de fragmentación es similar y alto, lo cual está de acuerdo con el tipo de moldeo, manual en arena y con plantillas de madera, que necesita una alta elasticidad para no romper al desmodelar.
 - d) Existe cierta diferencia en la permeabilidad lo que puede estar causado por problemas en el mezclado. Para dar un veredicto definitivo sería necesario realizar algunos ensayos mecánicos.

VALORACIÓN ECONÓMICA.

Se debe tener en cuenta que para montar un laboratorio, los costos dependen básicamente de la tecnología que se usen en él, así como también de los requerimientos de producción, teniendo en cuenta que si existe un convenio entre la UPR y la UEB “XX Aniversario” los equipos no constituye un gasto, si no un beneficio técnico-económicos a la UEB.

Los gastos económicos, para recuperar los equipos que se encuentran en la UPR, deteriorados fueron mininos; para realizar los ensayos los materiales fueron facilitados por la UEB “XX Aniversario”, los componentes químicos por el laboratorio de química de la UPR.

Mantenimiento técnico que se realizó al equipo:

Tiempo 8 horas con dos personas = 16 horas

$$G_T = S_h * t_T$$

Donde: G_T - gasto total del mantenimiento técnico.

S_h - costo del salario por hora.

t_T - tiempo total de mantenimiento

Tomamos en cuenta \$ 254,00 lo que equivale a un salario, entonces tenemos $t_T = \$1,32$ la hora.

Gasto total del mantenimiento técnico:

$$G_T = S_h * t_T$$

$$G_T = \$ 1,32 * 16 h$$

$$G_T = \$ 21,12$$

Costo del tiempo de los ensayos:

Tiempo 24 horas con dos personas = 48 horas

$$G_T = S_h * t_T$$

$$G_T = \$ 1,32 * 48h$$

$$G_T = \$ 63,36$$

Costo total.

$$CT = G_{st} + G_{se}$$

$$CT = \$ 21,12 + \$ 63,36$$

$$CT = \$ 84,48$$

El costo total del mantenimiento y el tiempo de los ensayos es de \$ 84,48

La aplicación de estos ensayos en la UEB "XX Aniversario", debe traducirse en beneficio económico al influir positivamente en la disminución de los costos por la no calidad de los productos fundidos.

IMPACTO MEDIO AMBIENTAL.

Los ensayos realizados no afectan al medio ambiente, por el contrario, la aplicación adecuada o eficiente de los materiales y mezclas de moldeo a partir de los resultados de estos dan un mejor aprovechamiento de estos recursos, evitando que vayan a parar a algún vertedero, con la consiguiente afectación al medio.

Los procesos de fundición y fabricación de piezas tienen una repercusión directa sobre el medio ambiente, ya que en ellos se liberan al medio, partículas muy finas que constituyen una agresión al entorno.

CONCLUSIONES

1. Se logro implementar un grupo de ensayos a partir de:
 - a) La necesidades de la UEB “XX Aniversario”
 - b) Los recursos disponibles de la UEB “XX Aniversario” y de la UPR “Hermanos Saiz Montes de Oca”
2. Se recuperaron algunos medios de laboratorio que estaban inactivos en la UPR, poniéndoles al servicio del proceso productivo de la UEB “XX Aniversario”
3. Se evaluaron siete aspectos de las propiedades termo-físicas y tecnológicas de las mezclas y materiales de moldeo de la UEB “XX Aniversario” con resultados satisfactorios.

RECOMENDACIONES

1. Recuperar otros medios e implementar los ensayos correspondientes a las propiedades mecánicas, para complementar la evaluación de las mezclas de moldeo de la UEB “XX Aniversario”
2. Para realizar los ensayos debemos leer detalladamente la técnica operatoria y obtener los materiales necesarios, listos para su respectivo proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SALCINES, C.M., "Tecnología de Fundición I y II. Edit. Pueblo y Educación". Habana, 1980.
2. ENRIQUEZ, Fernando. "Manual del Fundidor". Editorial Científico-Técnica. Habana, 1986.
3. TITOV, N.D y Stepánov, Yu.A. "Tecnología del Proceso de Fundición". Editorial Pueblo y educación. C. de la Habana, 1990.
4. NAVARRO, José. "Tecnología de las tierras de moldeo para fundición" Editorial Montecorvo. Madrid, 1962.
5. CAPELLO, E. "Tecnología de la Fundición". Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, 1971.
6. PROYECCIÓN ESTRATÉGICA, 2010-2015 de la UEB "XX Aniversario". Administración Pinar del Rio, 2010.
7. [http://www.bedincuba.com/cuba_mapa_carreteras_road_map/cuba_mapa_carreteras_map_road_pinar_del_rio_\(2\)_3.jpg](http://www.bedincuba.com/cuba_mapa_carreteras_road_map/cuba_mapa_carreteras_map_road_pinar_del_rio_(2)_3.jpg).
8. CASTRO Juan y DÍAZ Miguel, "Equipos de laboratorio para ensayos en mezcla de moldeo", Trabajo de Diploma, Pinar del Rio 1999.

BIBLIOGRAFÍA

1. BRUHUBER. Ernst., "Fundición a presión", Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, 1972
2. ENRÍQUEZ, Fernando. "Mezcla de moldeo y pinturas antiadherentes" Editorial Científico-Técnica. Habana 1990.
3. KREKELER. K.A., "Fundición con modelo", Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, 1971.
4. LECOEUR. E., "El libro del aprendiz. Fasiculo 1", Editorial, TEA. S.A, España, 1971
5. LOWER. Richard. "Moldeo y fundición", Editorial Ministerio de Educación, La Habana, 1964.
6. RUSINOFF S.E., "Prácticas de fundición", Editorial Pedagógica, La Habana, 1979.
7. REVISTAS, Equipos completos de laboratorio para ensayos de arena de fundición Budapest. Metrimpex.
8. TORRES, Jorge. "Manual moderno de fundición" Ediciones técnicas. Barcelona, 196

Páginas de internet visitadas.

1. <http://es.wikipedia.org/wiki/Fundici%C3%B3n>. (10-11-2010).
2. http://www.ismm.edu.cu/sites/revistamg/v17-n3_4-2000/art8-3_4-2000.pdf. (10-11-2010).
3. <http://www.scielo.org.ve/pdf/rlmm/v27n2/art02.pdf>. (12-11-2010).
4. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar25/HTML/articulo02.htm>. (15-12-2010).
5. <http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/arcillas.htm>. (15-12-2010).
6. http://www.utp.edu.co/~publio17/laboratorio/ensayo_arena.htm. (15-12-2010).
7. http://es.wikipedia.org/wiki/Ciencia_de_materiales. (15-12-2010)

ANEXOS

1.1. Poder de hinchabilidad



Probeta con bentonita y agua.

1.2. Ensayo de componente arcilloso



Mezcla de moldeo disuelta en agua.



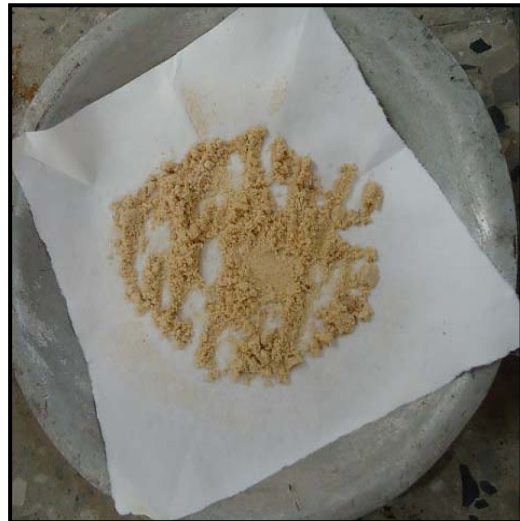
Proceso de sifonado.



Proceso de filtrado.



Papel de filtro con arena húmeda.



Arena después del secado.

1.3 Ensayo de humedad.



Lámpara de secado rápido



Muestra patrón después del secado.



Mezcla de moldeo seca.

1.4 Ensayo de permeabilidad.



Retacador



Campana del permeámetro (nivel 0).



La probeta en el permeámetro.

Probeta de 50mm de diámetro y 50mm de altura



Probeta de la mezcla patrón.



Probeta de las mezcla de moldeo.

1.5. Arcilla activa por el método de azul de metileno



Azul de metileno.



Erlenmeyer con muestras de arena.



Arena de moldeo con SO_4H_2 . Varilla de vidrio con gota para el papel de filtro.



Papel de filtro con las gotas de muestra.