



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LAS  
FUNDICIONES DE ALUMINIO, EN BASE A LOS  
PROCEDIMIENTOS DE MOLDEO EN EL  
LABORATORIO DE FUNDICIÓN DE LA  
FACULTAD DE MECÁNICA”**

**Realizado por:**

**FERNANDO DANIEL GUZMÁN MONTENEGRO  
GABRIEL ORLANDO CAIZA CALDERÓN**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**RIOBAMBA-ECUADOR  
2011**

**Epoch**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**CONSEJO DIRECTIVO**

Junio 29, de 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

**GABRIEL ORLANDO CAIZA CALDERÓN**

---

Titulada:

**“ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LAS FUNDICIONES DE ALUMINIO, EN BASE A LOS PROCEDIMIENTOS DE MOLDEO EN EL LABORATORIO DE FUNDICIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
DELEGADO DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. José Pérez Fiallos  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Jorge Freire Miranda  
ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** Gabriel Orlando Caiza Calderón

**TÍTULO DE LA TESIS:** “ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LAS FUNDICIONES DE ALUMINIO, EN BASE A LOS PROCEDIMIENTOS DE MOLDEO EN EL LABORATORIO DE FUNDICIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

**Fecha de Examinación:** Junio 29, de 2011

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño			
Ing. José Pérez Fiallos			
Jorge Freire Miranda			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Carlos Santillán Mariño.  
PRESIDENTE TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Gabriel Orlando Caiza Calderón

---

Fernando Daniel Guzmán Montenegro

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser un aporte importante en el desarrollo de nuestro país.

Y en especial a todos mis amigos, compañeros y personas que de una u otra manera contribuyeron para que esta etapa tan importante de mi vida culminara.

**Gabriel Orlando Caiza Calderón**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado especialmente a mis padres Luis Alfonso y Rosa Eulalia, por su apoyo y dirección, a mis hermanos Alejandro y Camilo por inspirarme para poder concluir con éxito este gran camino.

A mis amigos, compañeros y a las personas que supieron estar conmigo apoyándome en todo el tiempo que duro este anhelo.

**Gabriel Orlando Caiza Calderón**

**Epoch**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**CONSEJO DIRECTIVO**

Junio 29, de 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**FERNANDO DANIEL GUZMÁN MONTENEGRO**

---

Titulada:

**“ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LAS FUNDICIONES DE ALUMINIO, EN BASE A LOS PROCEDIMIENTOS DE MOLDEO EN EL LABORATORIO DE FUNDICIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

\_\_\_\_\_  
Ing. Carlos Santillán Mariño  
DELEGADO DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

\_\_\_\_\_  
Ing. José Pérez Fiallos  
DIRECTOR DE TESIS

\_\_\_\_\_  
Ing. Jorge Freire Miranda  
ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** Fernando Daniel Guzmán Montenegro

**TÍTULO DE LA TESIS:** “ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LAS FUNDICIONES DE ALUMINIO, EN BASE A LOS PROCEDIMIENTOS DE MOLDEO EN EL LABORATORIO DE FUNDICIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

**Fecha de Examinación:** Junio 29, de 2011

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño			
Ing. José Pérez Fiallos			
Jorge Freire Miranda			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
PRESIDENTE TRIBUNAL

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser persona útil para la sociedad.

A la Facultad de Mecánica por la apertura a la investigación.

Y en especial para mi familia, amigos, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera para terminar esta etapa de mi vida estudiantil.

**Fernando Daniel Guzmán Montenegro**

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos que se constituyen en el estímulo y pilar fundamental para seguir adelante con esta tarea ardua de crecer intelectual y espiritualmente.

A mis familiares, en especial a mis abuelos, que caminaron junto a mí brindándome constantemente su apoyo y comprensión.

**Fernando Daniel Guzmán Montenegro**

## TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
<b><u>CAPÍTULO I</u></b>	
<b>1. GENERALIDADES</b>	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
<b><u>CAPÍTULO II</u></b>	
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Aluminio.....	4
2.1.1 Características.....	4
2.1.2 Aplicaciones y usos.....	5
2.1.3 Producción.....	6
2.1.4 Aleaciones.....	8
2.1.4.1 Aportaciones de los elementos aleantes.....	9
2.1.4.2 Tipos de aleaciones normalizadas.....	9
2.1.5 Fundición de piezas.....	11
2.1.6 Tratamientos de protectores superficiales.....	11
2.1.7 Reciclaje. Aluminio Secundario.....	13
2.2 Sistemas de Calidad.....	13
2.2.1 Términos y definiciones.....	13
2.2.1.1 Términos relativos a la Calidad.....	14
2.2.1.2 Términos relativos al Gestión.....	14
2.2.1.3 Términos relativos a la Organización.....	15
2.2.1.4 Términos relativos al Proceso y Producto.....	15
2.2.1.5 Términos relativos a las Características.....	16
2.2.1.6 Términos relativos a la Conformidad.....	16
2.2.1.7 Términos relativos a la Documentación.....	17
2.2.1.8 Términos relativos al aseguramiento de la calidad para los procesos de medición.....	17
2.2.2 Principios de gestión de la calidad según (ISO 90001-2000).....	18
2.2.2.1 Organización enfocada al cliente.....	18
2.2.2.2 Liderazgo.....	18
2.2.2.3 Participación integral del personal.....	19
2.2.2.4 Enfoque de procesos.....	19
2.2.2.5 Enfoque del sistema para la gestión.....	19
2.2.2.6 Mejora continua.....	19
2.2.2.7 Enfoque basado en los hechos para la toma de decisiones.....	19
2.2.2.8 Relación mutuamente beneficiosa con el proveedor.....	19
2.3 Fundiciones en Aluminio.....	19
2.3.1 Arenas de fundición.....	20
2.3.1.1 Generalidades y Clasificación.....	20
2.3.1.2 Aglomerantes y aglutinantes.....	21
2.3.1.3 Características Técnicas.....	22
2.3.2 Modelos.....	23
2.3.2.1 Generalidades.....	23
2.3.2.2 Propiedades de los modelos.....	23
2.3.2.3 Tipos y Clasificación de los modelos.....	24
2.3.2.4 Materiales para los modelos.....	25

2.3.2.5	Construcción de los modelos.....	26
2.3.3	Moldeo.....	30
2.3.4	Moldeo a mano.....	31
2.3.4.1	Generalidades.....	31
2.3.4.2	Herramientas para moldear a mano.....	32
2.3.4.3	Moldeo descubierto en el suelo.....	33
2.3.4.4	Moldeo cubierto en el suelo.....	33
2.3.5	Horno de Crisol.....	34
2.3.6	Materiales Refractarios.....	35
2.3.6.1	Generalidades y Clasificación.....	35
2.3.6.2	Propiedades.....	36
2.3.6.3	Principales formas de los materiales refractarios usados en fundición.....	37
2.3.6.4	Cualidades principales de los materiales refractarios usados en fundición.....	37
2.3.6.5	Aplicaciones.....	38
2.3.7	Solidificación, Enfriamiento, Desmoldeo y acabado de las piezas.....	38
2.3.7.1	Solidificación y Enfriamiento.....	38
2.3.7.2	Desmoldeo.....	38
2.3.7.3	Limpieza y Acabado.....	38
2.4	Tipos de ensayos para aluminio.....	39
2.4.1	Probetas.....	39
2.4.2	Inspección.....	40
2.4.3	Ensayos destructivos.....	43
2.4.4	Defectos de Fundición.....	46

### **CAPÍTULO III**

#### **3 DIAGNOSTICO ACTUAL DEL LABORATORIO TALLER DE FUNDICIÓN**

3.1	Reseña Histórica.....	48
3.2	Misión.....	50
3.3	Visión.....	50
3.4	Organigrama Administrativo.....	50
3.5	Descripción del proceso actual de fundición.....	52
3.6	El Procedimiento de Moldeo.....	53
3.7	Maquina, equipos y accesorios empleados.....	60
3.8	Análisis de seguridad en el Laboratorio-Taller de Fundición.....	62
3.9	Análisis de Distribución del Laboratorio.....	67

### **CAPÍTULO IV**

#### **4 PROPUESTA DEL PLAN PARA ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LAS FUNDICIONES DE ALUMINIO BASADO EN LOS PROCEDIMIENTOS DE MOLDEO**

4.1	Elaboración De Un Mapa De Procesos .....	69
4.2	Elaboración del Manual de Calidad.....	73
4.3	Levantamiento de Procedimiento.....	73
4.3.1	Procedimientos de revisión.....	75
4.3.2	Procedimientos de Compras.....	77
4.3.3	Análisis de la composición de la chatarra a utilizarse.....	79
4.3.4	Cálculo de la Carga.....	81
4.3.5	Selección de arenas.....	83
4.3.6	Selección de Aglutinantes.....	85
4.3.7	Construcción de los modelos.....	87
4.3.8	Moldeo.....	89

4.3.9	Desmoldeo.....	91
4.3.10	Control de Producción.....	93
4.3.11	Control de Calidad.....	95
4.3.12	Procedimiento Producto no Conforme.....	97
4.4	Instructivos de Trabajo.....	99
4.4.1	Elaboración de Diagramas de Procesos.....	99
4.4.2	Instructivo para análisis de la composición de la chatarra.....	101
4.4.3	Instructivo para el cálculo de la carga.....	103
4.4.4	Instructivo para selección de arenas.....	105
4.4.5	Instructivos para la construcción de modelos.....	107
4.4.6	Instructivos para el Moldeo.....	107
4.4.6.1	Cálculo de bebederos.....	109
4.4.6.2	Herramientas para el moldeo.....	110
4.4.6.3	Colado.....	112
4.4.7	Instructivos para el Desmoldeo.....	113
4.4.7.1	Corte de Bebederos.....	113
4.4.7.2	Acabado de las Piezas.....	114
4.4.8	Instructivo para el Control de Calidad.....	115
4.4.8.1	Realización de ensayos.....	115
4.4.8.2	Hoja de control (Hoja de recogida de datos).....	116
4.4.8.3	Histograma.....	117
4.4.8.4	Diagrama de Pareto.....	118
4.4.8.5	Diagrama de causa efecto.....	119
4.5	Planes.....	120
4.5.1	Plan de seguridad Industrial.....	120
4.5.2	Plan de Capacitación.....	121
4.5.3	Plan de Mantenimiento.....	122
4.6	Realización de Pruebas.....	124

## **CAPÍTULO V**

### **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones.....	132
5.2	Recomendaciones.....	134

## **6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Bibliografía  
Linkografía

## SUMARIO

Se ha desarrollado un plan de Aseguramiento de la Calidad en las fundiciones de aluminio, en base a los procedimientos de moldeo, en el laboratorio de fundición de la Facultad de Mecánica, con la finalidad de implementar la documentación y establecer un procedimiento óptimo para asegurar la calidad.

La correcta ejecución de los métodos de moldeo que es una parte fundamental dentro del proceso de fundición, dará como resultado que se cumplan parámetros técnicos, con el fin de obtener un producto de calidad. La fundición en arena consiste en colar el aluminio, en un molde de arena, dejarlo solidificar y posteriormente romper el molde para extraer la pieza fundida.

El sistema de Aseguramiento de la Calidad debe ser considerado como un plan diario aplicable en la Institución con el fin de realizar mejores prácticas, éste depende de la participación de todos quienes se ven inmersos o comprometidos en el área de fundición. El enfoque hacia la mejora continua de la educación, propone un reto constante e implica una lucha diaria para cumplir con los estándares establecidos, con el fin de lograr mejores niveles de calidad y productividad.

Con estos resultados, la Facultad de Mecánica, contará en su laboratorio de fundición con procedimientos e instructivos necesarios para un mejor aprendizaje y entendimiento de los ensayos realizados para los estudiantes.

Se sugiere la realización de una inducción previa, a quienes usen el taller de fundición, referente a los instructivos de trabajo propuestos en el plan de aseguramiento de la calidad.

## **SUMMARY**

A Quality Assurance Plan has been developed in the aluminium foundries, based on the molding procedures, at the foundry laboratory of the Mechanics Faculty, to implement documentation and establish an optimum procedure to assure quality.

The correct execution of the molding methods, which is a fundamental part within the forging process, will result in the accomplishment of technical parameters to obtain a quality product. The sand forging consists of casting aluminum in a sand mold, letting it solidify and breaking, later the mold to extract the cast piece.

The Quality Assurance System must be considered as a daily plan applicable at the Institution to carry out better practices; it depends on the participation of all the people involved in the foundry area. The continuous education improvement focus proposes a constant challenge and implies a daily struggle to meet the established standards, to reach better quality and productivity levels.

From these results the Mechanics Faculty will have in its forging lab the procedures and instruction devices necessary for a better learning and understanding of the essays carried out for the students.

It is recommended to carry out a previous induction of those using the forging workshop to the instruction of the proposed work in the quality assurance plan.

## CAPITULO I

### **1. GENERALIDADES**

#### **1.1 Antecedentes**

La Facultad de Mecánica cuenta con un laboratorio de fundición en el cual desde su creación se ha realizado trabajos que han servido como prácticas de laboratorio para estudiantes de la Facultad de Mecánica, los mismos que son el medio para fortalecer los conocimientos teóricos impartidos. La materia prima para efectuar dichos trabajos ha sido fundición gris, bronce y aluminio siendo este último el objeto en el que se basara el estudio.

Es prioridad de la Facultad de Mecánica desarrollar un plan para el Aseguramiento de la Calidad en las fundiciones de aluminio, de tal forma que cumplan parámetros técnicos, con el fin de obtener un producto de calidad, esto se podrá alcanzar a través de la correcta ejecución de los métodos de moldeo que es una parte fundamental dentro del proceso de fundición. El proceso tradicional es el moldeo en arena, por ser ésta un material refractario muy abundante en la naturaleza y que, mezclada con arcilla, adquiere cohesión y moldeabilidad sin perder la permeabilidad que posibilita evacuar los gases del molde al tiempo que se vierte el metal fundido.

La fundición en arena consiste en colar el aluminio, en un molde de arena, dejarlo solidificar y posteriormente romper el molde para extraer la pieza fundida. La fundición en arena requiere un modelo a tamaño natural de madera, plástico y metales que define la forma externa de la pieza que se pretende reproducir y que formará la cavidad interna en el molde. El aluminio es un elemento químico, de símbolo (Al) y número atómico 13. Se trata de un metal no ferroso. Es el tercer elemento más común encontrado en la corteza terrestre. Los compuestos de aluminio forman el 8% de la corteza de la tierra y se encuentran presentes en la mayoría de las rocas, de la vegetación y de los animales.

## **1.2 Justificación.**

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo desde su creación se ha caracterizado por formar profesionales de excelencia en los campos académicos y competitivos en el ámbito laboral, aportando de esta forma al desarrollo de la provincia y del país.

Una de las fortalezas de la Facultad de Mecánica contar con talleres y laboratorios, que brindan las facilidades para complementar los conocimientos adquiridos, logrando una formación íntegra de los futuros profesionales que aquí se forjan. Poseer talleres donde el estudiante puede mejorar sus destrezas es una gran ventaja, ya que es una forma en la que se puede simular un ambiente de trabajo real.

Este trabajo está enfocado a lograr un Aseguramiento de la Calidad en las fundiciones de aluminio mediante el correcto proceso de moldeo, el mismo que se desarrollará en el Laboratorio-Taller de fundición de la Facultad de Mecánica, con lo que lograremos un mejoramiento en el proceso de obtención de piezas de aluminio, optimizando recursos tanto de la institución como de los estudiantes que realizan sus prácticas.

Un sistema de Aseguramiento de la Calidad debe ser considerado como un plan diario aplicable en la Institución con el fin de realizar mejores prácticas, éste depende de la participación de todos quienes se ven inmersos o comprometidos en el área de fundición. El enfoque hacia la mejora continua de la educación, propone un reto constante e implica una lucha diaria para cumplir con los estándares establecidos, con el fin de lograr mejores niveles de calidad y productividad.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

“Desarrollar el Aseguramiento de la Calidad en las fundiciones de aluminio, en base a los procedimientos de moldeo en el laboratorio de fundición de la Facultad de Mecánica.”

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el procedimiento actual para la realización de fundiciones de aluminio.
- Desarrollar una documentación para asegurar la calidad dentro del laboratorio de fundición.
- Establecer un procedimiento óptimo de moldeo para alcanzar una mejora en las fundiciones.
- Realizar pruebas de laboratorio a las probetas obtenidas con el nuevo procedimiento.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Aluminio.

##### 2.1.1. Características.

###### a) Características físicas

Entre las características físicas del aluminio, destacan las siguientes:

- Es un metal ligero, cuya densidad es de  $2.700 \text{ kg/m}^3$ , un tercio de la del acero.
- Tiene un punto de fusión bajo:  $660 \text{ °C}$  ( $933 \text{ °K}$ ).
- El peso atómico del aluminio es de 26,9815 u.
- Es de color blanco brillante, con buenas propiedades ópticas y un alto poder de reflexión de radiaciones luminosas y térmicas.
- Resistente a la corrosión, a los productos químicos, a la intemperie y al agua de mar, gracias a la capa de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  formada.
- Abundante en la naturaleza. Es el tercer elemento más común en la corteza terrestre, tras el oxígeno y el silicio.
- Su producción metalúrgica a partir de minerales es muy costosa y requiere gran cantidad de energía eléctrica.
- Fácil de reciclar.

###### b) Características mecánicas

Entre las características mecánicas del aluminio se tienen las siguientes:

- De fácil mecanizado debido a su baja dureza.
- Muy maleable, permite la producción de láminas muy delgadas.
- Bastante dúctil, permite la fabricación de cables eléctricos.
- Para su uso como material estructural se necesita alearlo con otros metales para mejorar las propiedades mecánicas, así como aplicarle tratamientos térmicos.
- Permite la fabricación de piezas por fundición, forja y extrusión.
- Material soldable.
- Con  $\text{CO}_2$  absorbe el doble del impacto.

**c) Características químicas**

- Debido a su elevado estado de oxidación se forma rápidamente al aire una fina capa superficial de óxido de aluminio (Alúmina  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) impermeable y adherente que detiene el proceso de oxidación, lo que le proporciona resistencia a la corrosión y durabilidad.
- El aluminio tiene características anfóteras. Esto significa que se disuelve tanto en ácidos (formando sales de aluminio) como en bases fuertes (formando aluminatos con el anión  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ ) liberando hidrógeno.
- La capa de óxido formada sobre el aluminio se puede disolver en ácido cítrico formando citrato de aluminio.

**2.1.2. Aplicaciones y usos.**

**a) Aluminio metálico**

Los principales usos industriales de las aleaciones metálicas de aluminio son:

- **Transporte;** como material estructural en aviones, automóviles, trenes de alta velocidad, metros, tanques, superestructuras de buques y bicicletas.
- **Estructuras portantes** de aluminio en edificios.
- **Embalaje de alimentos;** papel de aluminio, latas, *tetrabrik*, etc.
- **Carpintería metálica;** puertas, ventanas, cierres, armarios, etc.
- **Bienes de uso doméstico;** utensilios de cocina, herramientas, etc.
- **Transmisión eléctrica.** Un conductor de aluminio de misma longitud y peso es más conductivo que uno de cobre y más barato.
- **Recipientes criogénicos** (hasta  $-200\text{ }^\circ\text{C}$ ), ya que contrariamente al acero no presenta temperatura de transición dúctil a frágil, por ello la tenacidad del material es mejor a bajas temperaturas.
- **Calderería.** Debido a su gran reactividad química, el aluminio se usa finamente pulverizado como combustible sólido de cohetes espaciales y para aumentar la potencia de los explosivos.

**b) Compuestos no metálicos de aluminio**

- El óxido de aluminio, también llamado alúmina, ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) es un producto intermedio de la obtención de aluminio a partir de la bauxita. Se utiliza como revestimiento de protección y como adsorbente para purificar productos químicos.
- Los haluros de aluminio son utilizados como catalizadores o reactivos auxiliares. En particular, el cloruro de aluminio ( $\text{AlCl}_3$ ) se emplea en la producción de pinturas y caucho sintético.
- Los aluminosilicatos son una clase importante de minerales. Forman parte de las arcillas y son la base de muchas cerámicas y vidrios.

**2.1.3. Producción**

Aunque el aluminio es un material muy abundante en la corteza terrestre (8%), raramente se encuentra libre debido a su alta reactividad, por lo que normalmente se encuentra formando óxidos e hidróxidos, que a su vez se hallan mezclados con óxidos de otros metales y con sílice.

El mineral del que se extrae el aluminio casi exclusivamente se llama bauxita. Las bauxitas son productos de erosión, ricos en aluminio (del 20% al 30% en masa), procedentes de rocas madres silicato-alumínicas. Actualmente, la mayor parte de la minería de bauxita está situada en el Caribe, Australia, Brasil y África, que producen bauxitas más fáciles de disgregar que las europeas.

**a) Producción mundial de Aluminio.**

La producción mundial del Aluminio en el 2010 fue:

Tabla 2.1.3 Producción Mundial de Aluminio.

<b>Ranking</b>	<b>País/Region</b>	<b>Producción del Aluminio Ton</b>
1	República Popular de China	5,896,000
2	Rusia	4,102,000
3	Estados Unidos	3,493,000
4	Canadá	3,117,000
5	Australia	1,945,000
6	Brasil	1,674,000
7	Noruega	1,384,000
8	La India	1,183,000
9	Bahrein	872000
10	Emiratos Arabes Unidos	861000

**b) Producción de alúmina por proceso Bayer.**

El proceso Bayer, inventado por Karl Bayer en 1889, es el método utilizado mayoritariamente para producir alúmina a partir de la bauxita.

El proceso comienza con un lavado de la bauxita molida con una solución de sosa cáustica a alta presión y temperatura. Los minerales de aluminio se disuelven mientras que los otros componentes de la bauxita, principalmente sílice y óxidos de hierro y titanio permanecen sólidos y se depositan en el fondo de un decantador de donde son retirados. A continuación se recristaliza el hidróxido de aluminio de la solución y se calcina a más de 900 °C para producir una alúmina,  $Al_2O_3$ , de alta calidad.

**c) Electrólisis de la alúmina.**

El óxido de aluminio (o alúmina) se disuelve en un baño fundido de criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) y se electroliza en una celda electrolítica usando ánodos y cátodo de carbono. Se realiza de esta manera, ya que la alúmina proveniente del proceso Bayer tiene un punto de fusión extremadamente alto (por encima de los  $2.000\text{ }^\circ\text{C}$ ), muy caro y difícil de alcanzar en la práctica industrial. La mezcla con la criolita da una mezcla eutéctica, que logra bajar el punto de fusión a alrededor de los  $900\text{ }^\circ\text{C}$ . Por esta razón el consumo energético que se utiliza para obtener aluminio es muy elevado y lo convierte en uno de los metales más caros de obtener, ya que es necesario gastar entre 17 y 20 kWh por cada kilo de metal de aluminio. De estos baños se obtiene aluminio metálico en estado líquido con una pureza entre un 99,5 y un 99,9%, quedando trazas de hierro y silicio como impurezas principales.

**d) Purificación y conformado del aluminio.**

El metal se purifica en un proceso denominado adición de fundente y después se vierte en moldes o se funde directamente en lingotes. Para obtener una tonelada de aluminio hacen falta unas dos toneladas de alúmina y una gran cantidad de electricidad. A su vez, para producir dos toneladas de alúmina se necesitan unas cuatro toneladas de bauxita, en un proceso complejo que requiere equipos de gran tamaño

**e) Sustitutos del aluminio**

- El cobre puede reemplazar al aluminio en las aplicaciones eléctricas.
- El magnesio, titanio y acero puede sustituirlo en usos en estructuras y transporte terrestre.
- Los componentes, el acero y la madera pueden sustituirlo en la construcción y usos estructurales.
- El vidrio, el papel y el acero pueden sustituirlo en el empaquetado.

**2.1.4. Aleaciones.**

Desde el punto de vista físico, el aluminio puro posee una resistencia muy baja a la tracción y una dureza escasa. En cambio, unido en aleación con otros elementos, el aluminio adquiere características mecánicas muy superiores. La

primera aleación de aluminio que mejoraba su dureza fue el duraluminio y existen actualmente centenares de aleaciones diferentes. El duraluminio es una aleación de aluminio con cobre (Cu) (3-5%) y pequeñas cantidades de magnesio (Mg) (0,5-2%), manganeso (Mn) (0,25-1%) y zinc (Zn) (3,5-5%). Como hay distintas composiciones de aluminio en el mercado, es importante considerar las propiedades que éstas presentan, pues, en la industria de la manufactura, unas son más favorables que otras.

#### 2.1.4.1. Aportaciones de los elementos aleantes.

Los principales elementos aleantes del aluminio son los siguientes y se enumeran las ventajas que proporcionan.

- **Cromo (Cr).** Aumenta la resistencia mecánica cuando está combinado con otros elementos Cu, Mn, Mg.
- **Cobre (Cu).** Incrementa las propiedades mecánicas pero reduce la resistencia a la corrosión.
- **Hierro (Fe).** Incrementa la resistencia mecánica.
- **Magnesio (Mg).** Tiene alta resistencia tras el conformado en frío.
- **Manganeso (Mn).** Incrementa las propiedades mecánicas y reduce la calidad de embutición.
- **Silicio (Si).** Combinado con magnesio (Mg), tiene mayor resistencia mecánica.
- **Titanio (Ti).** Aumenta la resistencia mecánica.
- **Zinc (Zn).** Aumenta la resistencia a la corrosión.

#### 2.1.4.2. Tipos de aleaciones normalizadas.

Las aleaciones de aluminio forjado se dividen en dos grandes grupos, las que no reciben tratamiento térmico y las que reciben tratamiento térmico.

##### a) Aleaciones de aluminio forjado sin tratamiento térmico.

Las aleaciones que no reciben tratamiento térmico solamente pueden ser trabajadas en frío para aumentar su resistencia. Hay tres grupos principales de estas aleaciones según la norma AISI-SAE que son los siguientes:

- **Aleaciones 1xxx.** Son aleaciones de aluminio técnicamente puro, al 99,9% siendo sus principales impurezas el hierro y el silicio como elemento aleante. Se les aporta un 0,12% de cobre para aumentar su resistencia. Tienen una

resistencia aproximada de 90 MPa. Se utilizan principalmente par trabajos de laminados en frío.

- **Aleaciones 3xxx.** El elemento aleante principal de este grupo de aleaciones es el manganeso (Mn) que está presente en un 1,2% y tiene como objetivo reforzar al aluminio. Tienen una resistencia aproximada de 16 kpsi (110 MPa) en condiciones de recocido. Se utilizan en componentes que exijan buena mecanibilidad.
- **Aleaciones 5xxx.** En este grupo de aleaciones es el magnesio es el principal componente aleante su aporte varía del 2 al 5%. Esta aleación se utiliza para conseguir reforzamiento en solución sólida. Tiene una resistencia aproximada de 28 kpsi (193 MPa) en condiciones de recocido.

**b) Aleaciones de aluminio forjado con tratamiento térmico.**

Algunas aleaciones pueden reforzarse mediante tratamiento térmico en un proceso de precipitación. El nivel de tratamiento térmico de una aleación se representa mediante la letra T seguida de un número por ejemplo T5. Hay tres grupos principales de este tipo de aleaciones.

- **Aleaciones 2xxx:** El principal aleante de este grupo de aleaciones es el cobre (Cu), aunque también contienen magnesio Mg. Estas aleaciones con un tratamiento T6 tiene una resistencia a la tracción aproximada de 64 kpsi (442 MPa) y se utiliza en la fabricación de estructuras de aviones. Algunas de estas aleaciones se denominan duraluminio.
- **Aleaciones 6xxx.** Los principales elementos aleantes de este grupo son magnesio y silicio. Con unas condiciones de tratamiento térmico T6 alcanza una resistencia a la tracción de 42 kpsi (290 MPa) y es utilizada para perfiles y estructuras en general.
- **Aleaciones 7xxx.** Los principales aleantes de este grupo de aleaciones son cinc, magnesio y cobre. Con un tratamiento T6 tiene una resistencia a la tracción aproximada de 73 kpsi (504 MPa) y se utiliza para fabricar estructuras de aviones.

### **2.1.5. Fundición de piezas.**

La fundición de piezas consiste fundamentalmente en llenar un molde con la cantidad de metal fundido requerido por las dimensiones de la pieza a fundir, para que después de la solidificación, obtener la pieza que tiene el tamaño y la forma del molde.

En el proceso de fundición con molde de arena se hace el molde en arena consolidada por un apisonado manual o mecánico alrededor de un molde, el cual es extraído antes de recibir el metal fundido. A continuación se vierte la colada y cuando solidifica se destruye el molde y se granalla la pieza. Este método de fundición es normalmente elegido para la producción de:

- Cantidades pequeñas de piezas fundidas idénticas
- Piezas fundidas complejas con núcleos complicados
- Piezas estructurales fundidas de gran tamaño.

Mediante el sistema de fundición adecuado se pueden fundir piezas que puede variar desde pequeñas piezas de prótesis dental, con peso de gramos, hasta los grandes bastidores de máquinas de varias toneladas, de forma variada, sencilla o complicada, que son imposibles de fabricar por otros procedimiento convencionales, como forja, laminación, etc.

#### **a) Características de las aleaciones para fundición**

Las aleaciones de aluminio para fundición han sido desarrolladas habida cuenta de que proporcionan calidades de fundición idóneas, como fluidez y capacidad de alimentación, así como valores optimizados para propiedades como resistencia a la tensión, ductilidad y resistencia a la corrosión. Difieren bastante de las aleaciones para forja.

### **2.1.6. Tratamientos protectores superficiales**

#### **a) Anodizado.**

Este metal, después de extruido o decapado, para protegerse de la acción de los agentes atmosféricos, forma por sí solo una delgada película de óxido de aluminio; esta capa de  $Al_2O_3$ , tiene un espesor más o menos regular del orden de 0,01

micras sobre la superficie de metal que le confiere unas mínimas propiedades de antioxidante y anticorrosión.

Las ventajas que tiene el anodizado son:

- La capa superficial de anodizado es más duradera que la capas obtenidas por pintura.
- El anodizado no puede ser pelado porque forma parte del metal base.
- El anodizado le da al aluminio una apariencia decorativa muy grande al permitir colorearlo en los colores que se desee.
- Al anodizado no es afectado por la luz solar y por tanto no se deteriora.

### **b) Pintura**

El proceso de pintura de protección que se da al aluminio es conocido con el nombre de lacado y consiste en la aplicación de un revestimiento orgánico o pintura sobre la superficie del aluminio. El lacado, que se aplica a los perfiles de aluminio, consiste en la aplicación electrostática de una pintura en polvo a la superficie del aluminio. El proceso de lacado exige una limpieza profunda de la superficie del material, con disoluciones acuosas ácidas, para eliminar suciedades de tipo graso. Este proceso consigue una mayor adherencia a las pinturas. Mejora la resistencia a la corrosión y a los agentes atmosféricos.

### **c) Corrosión del aluminio.**

El aluminio metálico se recubre espontáneamente de una delgada capa de óxido que evita su corrosión. Sin embargo, esta capa desaparece en presencia de ácidos, particularmente del perclórico y clorhídrico; asimismo, en soluciones muy alcalinas de hidróxido potásico (KOH) o hidróxido sódico (NaOH) ocurre una enérgica reacción. La presencia de  $\text{CuCl}_2$  o  $\text{CuBr}_2$  también destruye el óxido y hace que el aluminio se disuelva enérgicamente en agua. Reacciona también enérgicamente en frío con bromo y en caliente con muchas sustancias, dependiendo de la temperatura, reduciendo a casi cualquier óxido (proceso termita). Las reacciones del aluminio a menudo van acompañadas de emisión de luz.

No obstante, las aleaciones de aluminio se comportan bastante peor a la corrosión que el aluminio puro, especialmente si llevan tratamientos de recocido, con los que

presentan problemas graves de corrosión inter-cristalina y bajo tensiones debido a la micro-estructura que presentan en estos estados.

### **2.1.7. Reciclaje. Aluminio Secundario**

El aluminio es 100% reciclable sin merma de sus cualidades físicas, y su recuperación por medio del reciclaje se ha convertido en una faceta importante de la industria del aluminio. El proceso de reciclaje del aluminio necesita poca energía. El proceso de refundido requiere sólo un 5% de la energía necesaria para producir el metal primario inicial. El reciclaje del aluminio fue una actividad de bajo perfil hasta finales de los años sesenta, cuando el uso creciente del aluminio para la fabricación de latas de refrescos trajo el tema al conocimiento de la opinión pública.

En Europa, el aluminio disfruta de tasas de reciclado altas que oscilan entre el 42% de las latas de bebidas y el 85% de la construcción y el 95% del transporte. Al aluminio reciclado se le conoce como aluminio secundario, pero mantiene las mismas propiedades que el aluminio primario. El residuo de aluminio es fácil de manejar porque es ligero, no arde y no se oxida y también es fácil de transportar aparte de ser un material cotizado y rentable.

## **2.2. Sistemas de Calidad.**

### **2.2.1. Términos y definiciones<sup>1</sup>**

Un término en una definición o nota, definido en este capítulo, se indica en letra negrilla. Dicho término puede ser reemplazado en la definición por su definición completa.

- a. Producto** se define como “resultado de un proceso”.
- b. Proceso** se define como “conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”.
- c.** Si el término “proceso” se sustituye por su definición:
- d. Producto** se define entonces como “resultado de un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman entradas en salidas”.

---

<sup>1</sup> Norma Internacional ISO 9000

### 2.2.1.1 . Términos relativos a la Calidad

- **Calidad** grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.
- **Requisito** necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria. Los requisitos pueden ser generados por las diferentes partes interesadas.
- **Clase** categoría o rango dado a diferentes requisitos de la calidad para productos procesos o sistemas que tienen el mismo uso funcional.
- **Satisfacción del cliente** percepción del cliente sobre el grado en que se han cumplido sus requisitos.
- **Capacidad** aptitud de una organización, sistema o proceso para realizar un producto que cumple los requisitos para ese producto.
- **Competencia** aptitud demostrada para aplicar los conocimientos y habilidades.

### 2.2.1.2. Términos relativos a La Gestión.

- **Sistema** conjunto de elementos mutuamente relacionados o que interactúan.
- **Sistema de gestión** sistema para establecer la política y los objetivos y para lograr dichos objetivos.
- **Sistema de gestión de la calidad** sistema de gestión para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad.
- **Política de la calidad** intenciones globales y orientación de una organización relativas a la calidad tal como se expresan formalmente por la alta dirección.
- **Objetivo de la calidad** algo ambicionado o pretendido, relacionado con la calidad.
- **Gestión** actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización.
- **Alta dirección** persona o grupo de personas que dirigen y controlan al más alto nivel una organización.
- **Gestión de la calidad** actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad.
- **Planificación de la calidad** parte de la gestión de la calidad enfocada al

establecimiento de los objetivos de la calidad y a la especificación de los procesos operativos necesarios y de los recursos relacionados para cumplir los objetivos de la calidad.

- **Control de la calidad** parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad.
- **Aseguramiento de la calidad** parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de la calidad.
- **Mejora de la calidad** parte de la gestión de la calidad orientada a aumentar la capacidad de cumplir con los requisitos de la calidad.
- **Mejora continua** actividad recurrente para aumentar la capacidad para cumplir los requisitos.
- **Eficacia** grado en que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados.
- **Eficiencia** relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados

#### 2.2.1.3. Términos relativos a la Organización.

- **Organización** conjunto de personas e instalaciones con una disposición de responsabilidades, autoridades y relaciones.
- **Estructura de la organización** disposición de responsabilidades, autoridades y relaciones entre el personal.
- **Infraestructura** <organización> sistema de instalaciones, equipos y servicios necesarios para el funcionamiento de una organización.
- **Ambiente de trabajo** conjunto de condiciones bajo las cuales se realiza el trabajo.
- **Cliente** organización o persona que recibe un producto.
- **Proveedor** organización o persona que proporciona un producto.
- **Parte interesada** persona o grupo que tiene un interés en el desempeño o éxito de una **organización**.
- **Contrato** acuerdo vinculante.

#### 2.2.1.4. Términos relativos al Proceso y Producto.

- **Proceso** conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

- **Producto** resultado de un proceso.
- **Proyecto** proceso único consistente en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y de finalización, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme con requisitos específicos, incluyendo las limitaciones de tiempo, costo y recursos.
- **Diseño y desarrollo** conjunto de procesos que transforma los requisitos en características especificadas o en la especificación de un producto, proceso o sistema.
- **Procedimiento** forma especificada para llevar a cabo una actividad o un proceso.

#### 2.2.1.5. Términos relativos a las Características.

- **Característica** rasgo diferenciador.
- **Característica de la calidad** característica inherente de un producto, proceso o sistema relacionado con un requisito.
- **Seguridad de funcionamiento** conjunto de propiedades utilizadas para describir la disponibilidad y los factores que la influyen: confiabilidad, capacidad de mantenimiento y mantenimiento de apoyo.
- **Trazabilidad** capacidad para seguir la historia, la aplicación o la localización de todo aquello que está bajo consideración.

#### 2.2.1.6. Términos relativos a La Conformidad.

- **Conformidad** cumplimiento de un requisito.
- **No conformidad** incumplimiento de un requisito.
- **Defecto** incumplimiento de un requisito asociado a un uso previsto o especificado.
- **Acción preventiva** acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad potencial u otra situación potencial no deseable.
- **Acción correctiva** acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación no deseable.

**NOTA:** La acción correctiva se toma para prevenir que algo vuelva a producirse, mientras que la acción preventiva se toma para prevenir que algo suceda.

- **Corrección** acción tomada para eliminar una no conformidad detectada.

- **Reproceso** acción tomada sobre un producto no conforme para que cumpla con los requisitos.
- **Reclasificación** variación de la clase de un producto no conforme, de tal forma que sea conforme con requisitos que difieren de los iniciales.
- **Reparación** acción tomada sobre un producto no conforme para convertirlo en aceptable para su utilización prevista.
- **Desecho** acción tomada sobre un producto no conforme para impedir su uso inicialmente previsto.
- **Concesión** autorización para utilizar o liberar un producto que no es conforme con los requisitos especificados.
- **Permiso de desviación** autorización para apartarse de los requisitos originalmente especificados de un producto antes de su realización.
- **Liberación** autorización para proseguir con la siguiente etapa de un proceso.

#### 2.2.1.7. Términos relativos a la Documentación.

- **Información** datos que poseen significado.
- **Documento** información y su medio de soporte.
- **Especificación** documento que establece requisitos.
- **Manual de la calidad** documento que especifica el sistema de gestión de la calidad de una organización.
- **Plan de la calidad** documento que especifica qué procedimientos y recursos asociados deben aplicarse, quién debe aplicarlos y cuándo deben aplicarse a un proyecto, producto, proceso o contrato específico.
- **Registro** documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades desempeñadas.

#### 2.2.1.8. Términos relativos al Aseguramiento de la calidad para los procesos de medición.

- **Sistema de gestión de las mediciones** conjunto de elementos interrelacionados o que interactúan necesarios para lograr la confirmación metrológica y el control continuo de los procesos de medición.
- **Proceso de medición** conjunto de operaciones que permiten determinar el valor de una magnitud.

- **Confirmación metrológica** conjunto de operaciones necesarias para asegurar que el **equipo de medición** cumple con los requisitos para su uso previsto.
- **Equipo de medición** instrumento de medición, software, patrón de medición, material de referencia o equipos auxiliares o combinación de ellos necesarios para llevar a cabo un **proceso de medición**.
- **Característica metrológica** rasgo distintivo que puede influir sobre los resultados de la medición.
- **Función metrológica** función con responsabilidad administrativa y técnica para definir e implementar el sistema de gestión de las mediciones.

### **2.2.2. Principios de gestión de la calidad según (ISO 90001 - 2000).**

Para conducir y operar una organización en forma exitosa se requiere que ésta se dirija y controle en forma sistemática y transparente. Se puede lograr el éxito implementando y manteniendo un sistema de gestión que esté diseñado para mejorar continuamente su desempeño mediante la consideración de las necesidades de todas las partes interesadas. La gestión de una organización comprende la gestión de la calidad entre otras disciplinas de gestión. Se han identificado ocho principios de gestión de la calidad que pueden ser utilizados por la alta dirección con el fin de conducir a la organización hacia una mejora en el desempeño.

#### **2.2.2.1. Organización enfocada al cliente.**

Las organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto deberían comprender las necesidades actuales y futuras de los clientes, satisfacer los requisitos de los clientes y esforzarse en exceder las expectativas de los clientes.

#### **2.2.2.2. Liderazgo**

Los líderes establecen la unidad de propósito y la orientación de la organización. Ellos deberían crear y mantener un ambiente interno, en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la organización.

### **2.2.2.3. Participación integral del personal**

El personal, a todos los niveles, es la esencia de una organización, y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la organización.

### **2.2.2.4. Enfoque de procesos**

Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.

### **2.2.2.5. Enfoque del sistema para la gestión**

Identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y eficiencia de una organización en el logro de sus objetivos.

### **2.2.2.6. Mejora continua**

La mejora continua del desempeño global de la organización debería ser un objetivo permanente de ésta.

### **2.2.2.7. Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones**

Las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y la información.

### **2.2.2.8. Relación mutuamente beneficiosa con el proveedor**

Una organización y sus proveedores son interdependientes, y una relación mutuamente beneficiosa aumenta la capacidad de ambos para crear valor.

## **2.3 Fundiciones en Aluminio.**

Se denomina fundición al proceso de fabricación de piezas, consiste en fundir un material e introducirlo en una cavidad, llamada molde, donde se solidifica. El proceso tradicional es la fundición en arena, por ser ésta un material refractario muy abundante en la naturaleza y que mezclada con arcilla, adquiere cohesión y moldeabilidad sin perder la permeabilidad que posibilita evacuar los gases del molde al tiempo que se vierte el metal fundido.

### **2.3.1 Arenas de fundición**

La arena es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. En geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 mm. Una partícula individual dentro de este rango es llamada grano de arena. Una roca consolidada y compuesta por estas partículas se denomina arenisca.

#### **2.3.1.1. Generalidades y Clasificación.**

La arena es un material granular resultante de la disgregación de las rocas; se las puede diferenciar más fácilmente por su tamaño de grano que por su composición mineral. El diámetro de los granos puede variar entre 0.05 a 2.0 mm. La mayoría de las arenas de fundición se componen básicamente de cuarzo y sílice. Las arenas utilizadas en el moldeo se pueden clasificar según su composición química en:

##### **a) Arena sílica:**

El más común de los minerales utilizados en la fundición para producir moldes y corazones es la sílica ( $\text{SiO}_2$ ) su forma más común es el mineral de cuarzo, algunas de las razones de la popularidad de su uso son las siguientes:

- La más abundante en la naturaleza
- De fácil extracción y universal localización
- Bajo costo de producción
- Dureza y resistencia a la abrasión satisfactoria
- Disponible en una amplia variedad de tamaño de grano y forma.

##### **b) Arena de zirconio:**

Aunque su localización es a nivel mundial, esta se encuentra en pequeñas proporciones; los depósitos comerciales están localizados en Florida y Australia:

- Altamente refractaria
- Alta conductividad térmica
- Alta densidad
- Baja expansión térmica
- Resistencia a ser humectada por el metal

**c) Arena cromita:**

Los depósitos comerciales están localizados principalmente en Sudáfrica y requiere de largos procesos para poder densidad ser utilizada en fundición:

- Alta densidad
- Alta Refratariedad
- Difícil de humectar por el metal
- Muy estable y difícil de romper o descomponerse.
- Baja expansión térmica
- Alta absorción y transferencia de calor.

**d) Otros tipos de Arena:**

- Arena Verde: es una arena húmeda, es decir, no se ha secado.
- Arena seca: es aquella a la que se le ha eliminado toda la humedad antes de efectuar la colada, mediante el secado de enfurtas. La arena seca es una mezcla de arena de sílice seca, fijada con otros materiales que no sea la arcilla usando adhesivos de curado rápido. Antes de la colada, el molde se seca a elevada temperatura (entre 200 y 300°C). De este modo se incrementa la rigidez del molde, lo que permite fundir piezas de mayor tamaño, geometrías más complejas y con mayor precisión dimensional y mejor acabado superficial.
- Arenas de revestimiento o de contacto: es la que se apisona contra la cara del moldeo y una vez extraído este, formará la capa interna del molde.
- Arena de relleno: procede de los moldes ya colados y vuelve nuevamente a utilizarse después de preparada para rellenar el molde durante el moldeo.

**2.3.1.2. Aglomerantes y Aglutinantes.**

Los aglutinantes se introducen en las mezclas de moldeo y para machos con el objetivo de ligar los granos de arena, y darles resistencia en estado húmedo y seco a las mezclas de moldeo y para machos. Los aglutinantes deben satisfacer las siguientes exigencias:

- Distribuirse uniformemente por la superficie de las arenas de moldeo al preparar las mezclas de moldeo y para machos.
- Asegurar la suficiente resistencia en estado húmedo y seco.

- Darle a la mezcla plasticidad para que ésta llene todas las cavidades del molde.
- No adherirse al modelo y a la caja de machos al elaborar los machos y moldes.
- Favorecer al rápido secado del macho y el molde y no absorber la humedad durante el montaje del molde y almacenamiento de los machos en el depósito.
- No desprender muchos gases durante el secado y vaciado del metal en el molde, asegurar la compresibilidad del molde y el macho.
- No disminuir el poder refractario de la mezcla de moldeo y para machos y no aumentar la costra de fundición en las molduras.
- Favorecer la fácil extracción del macho de la moldura.
- No ser nocivo para los operarios (o sea, no dañar los manos y no desprender gases nocivos), ser de bajo costo y no escasos.

Tabla 2.3.1.2 **Aglutinantes**<sup>2</sup>.

Aglutinantes inorgánicos de tipo arcilloso	{ Arcillas Bentonitas
Aglutinante inorgánicos cementosos	{ Cemento Silicatos
Aglutinantes orgánicos	{ Cereales Lignina Melaza Alquitrán Resina Aceite

Fuente: CAPELO Eduardo, "tecnología de la fundición", Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1987

### 2.3.1.3. Características Técnicas.

- Ser fácilmente moldeable, de manera que se adapte perfectamente a las formas del modelo y las reproduzca fielmente.

<sup>2</sup> Clasificación de los aglomerantes y aglutinantes.

- Presentar una buena resistencia a la erosión producida por el desplazamiento y el impacto del metal líquido en el interior del molde.
- Resistencia a los ataques químicos que pueden producirse entre el molde y el metal líquido.
- Refractariedad, es decir, ofrecer una adecuada resistencia a las altas temperaturas.
- Poseer una buena permeabilidad para permitir la evacuación de los gases que se generan durante la colada del molde y del aire que ocupa inicialmente la cavidad.
- Buena capacidad para disipar la energía térmica del metal líquido y favorecer así la correcta solidificación de las piezas.
- Ser colapsable, es decir, presentar una buena capacidad de disgregación.
- Generar buenos acabados superficiales en las piezas.
- Ser reutilizable, de manera que una vez regenerada pueda moldearse nuevamente.

### 2.3.2. Modelos.

#### 2.3.2.1. Generalidades.

Puede definirse un modelo como una réplica de la pieza que se desea obtener. Se debe tener en cuenta la disminución de las dimensiones ocasionadas por la contracción de la pieza al enfriarse y la rugosidad de las superficies por la calidad de la arena. Los pesos y tamaños de los modelos son muy variados ya que estos dependerán de la forma de la pieza a fundir.

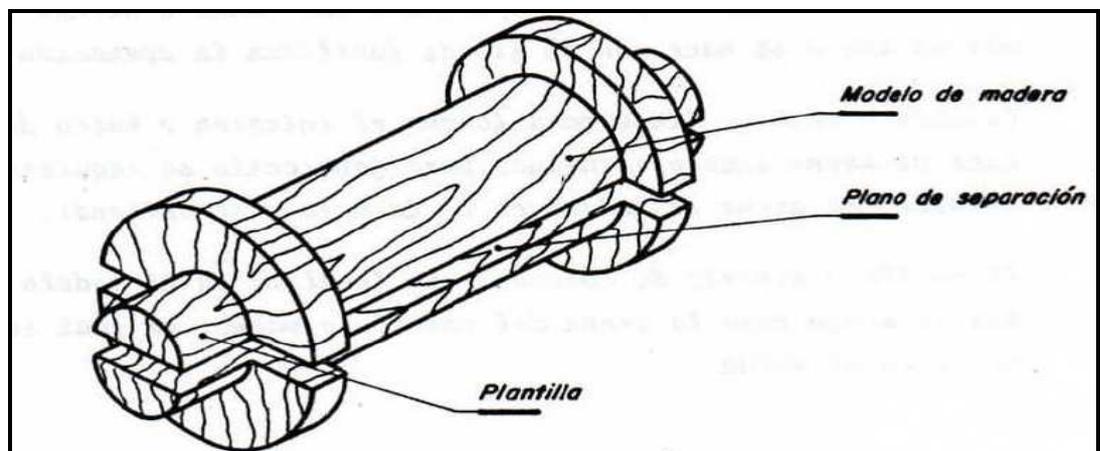


Figura 1: Modelo de Madera.

### 2.3.2.2. Propiedades de los modelos.

- Fácil extracción o desmoldeo
- Deben prever la contracción. Ver Tabla 3.
- Deben prever posteriores mecanizados.
- Deben ser duraderos
- Deben ser precisos

Tabla 2.3.2.2 Contracción de Modelos Metálicos y Aleaciones.

METAL O ALEACIÓN	CONTRACCIÓN [mm / m]
<b>Aceros</b>	
Aceros bajo carbono	20-21
Aceros medio carbono	16-18
Aceros alto manganeso	25-26
Aceros inoxidable Cr - Ni	25
Aceros al cromo	20-21
<b>Fundiciones</b>	
Fundiciones grises piezas delgadas	10
Fundiciones grises piezas gruesas	7
Fundiciones blancas	16-21
Fundiciones blancas alto cromo	20
Fundiciones maleables	9-13
Fundiciones nodulares	10
Ni Hard	20-23
<b>Aleaciones de aluminio</b>	
Aluminio puro	17
Aluminio - cobre	13-14
Aluminio - silicio	11-13
Aluminio - magnesio	12-14

### 2.3.2.3. Tipos y Clasificación de los modelos.

Existen varios tipos de modelos los cuales se utilizan, dependiendo de los requerimientos en cuanto al tipo, tamaño y peso de la pieza a fabricar, el volumen de producción, la fundición y las facilidades de fabricación:

#### a) **Cajas de corazones o machos**

Aún cuando en ocasiones no se les clasifique como modelos, las cajas de corazón son una parte esencial del equipo de modelos para elaborar una pieza que requiera corazones. Las cajas de corazones se construyen de madera y de metal.

El plástico no tiene mucha aplicación, la caja más sencilla se muestra en la figura, hecha de una sola pieza y el corazón o macho de elaboración sencilla.

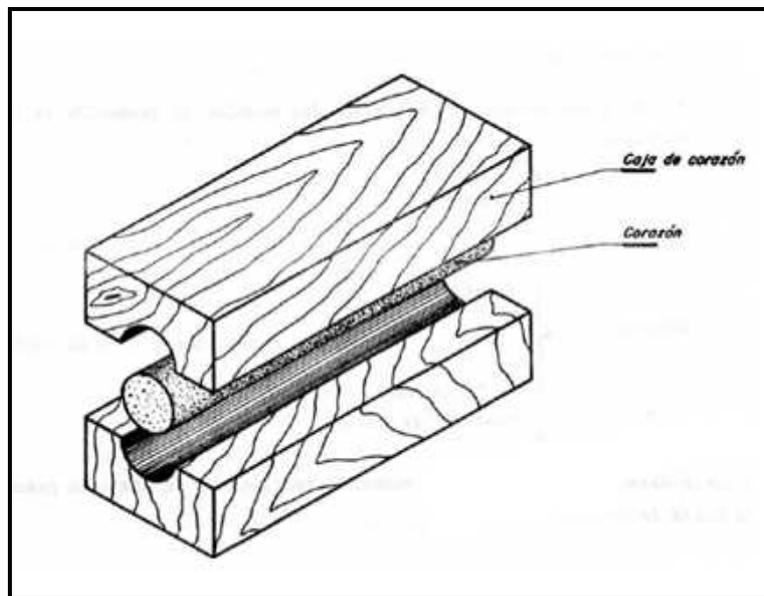


Figura 2: Modelo con Macho.

#### 2.3.2.4. Materiales para los modelos.

El número de piezas a realizarse con un modelo determinará el criterio de selección del material del mismo, que puede ser madera, metal, poli estireno, plástico, resina epóxica, cera.

Sin duda que la vida útil del modelo y su precisión son factores que influyen también para la selección del material.

##### a) Maderas:

Se tienen dos tipos de maderas:

- Duras: Maple, Encino y Ébano
- Blandas: Pino blanco, cedro, caoba y asbesto

La utilización de cada uno de estos tipos de maderas está en función de la cantidad de piezas que se fabricarán con el modelo. Las maderas duras tienen una magnífica resistencia a la abrasión, sin embargo como inconvenientes se tienen su fragilidad y la dificultad para ser trabajadas. Toda madera que se emplee para la

fabricación de modelos, deberá estar perfectamente preparada y almacenarse para impedir la reabsorción de agua.

b) **Metales**

Los metales más usuales en la fabricación de modelos son: Hierro colado, bronce y magnesio; en ocasiones se utilizan también aleaciones plomo-bismuto.

Considerándose el sistema de moldeo en verde, a máquina y dependiendo del tipo de aleación en el metal, se tienen las siguientes cantidades prácticas del número de moldes que pueden hacerse a partir de modelos de diferentes metales, sin que estos sufran deformaciones que excedan del 0.010 pulg.

Tabla 2.3.2.4 Numero de Moldes por Material.

<b>MATERIAL</b>	<b># MOLDES</b>
Hierro colado	90,000 a 140,000
Bronce	70,000 a 120,000
Aluminio	40,000 a 110,000
Magnesio	50,000 a 70,000
Compuestos	más de 110,000

c) **Otros**

Se tienen materiales como la cera, el yeso, el concreto refractario, el barro y el más moderno la espuma plástica. El uso de cada uno de estos materiales es bastante específico y depende del tipo, tamaño y de la cantidad de piezas por realizarse.

### 2.3.2.5. Construcción de los modelos.

#### a) Sistemas de bebederos y Alimentación.

Para un correcto diseño del sistema de alimentación se necesita conocer las características del flujo y solidificación del metal líquido.

A continuación se dan los siguientes criterios fundamentales:

- El metal deberá fluir a través del sistema de alimentación con un mínimo de turbulencia.

- EL metal debe ingresar al molde por determinados puntos, evitando rechupes y otras fallas estructurales derivadas de un defectuoso enfriamiento.
- El sistema de alimentación debe ser diseñado de la dimensión estrictamente necesaria para llenar el molde.

Un sistema de alimentación está compuesto por diferentes partes como lo son

a) Deposito acumular o taza. b) Canal de bajada o bebedero o jíto. c) Talón de caída. d) Canal de distribución. e) Canales de alimentación o entrada. e) Rebalse de carga.

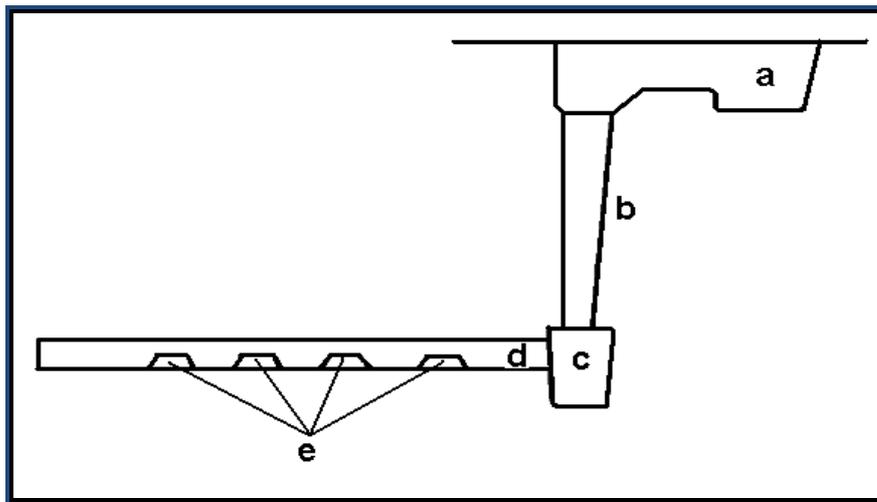


Figura 3: Sistema de Alimentación de las molduras<sup>3</sup>.

b) **Deposito acumular o taza.**

Tiene por objetivo dar un flujo de alimentación constante e impedir el ingreso de escoria u otras materias extrañas.

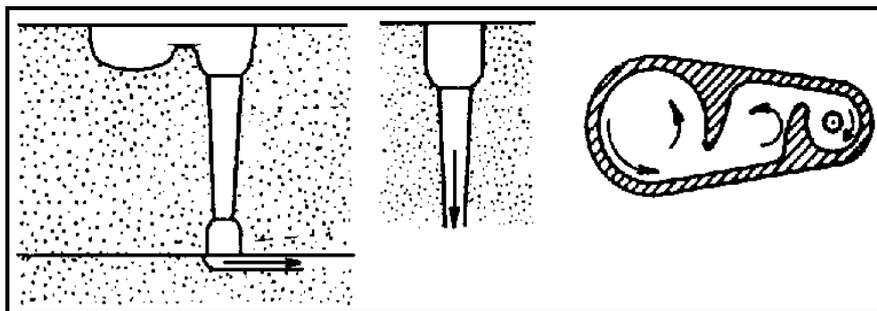


Figura 4: Deposito Acumular.

c) **Canal de bajada, jíto o bebedero.**

Sirve para transmitir la masa fundida del embudo a los otros elementos del sistema de bebederos. Este se hace algo más angosto abajo para la conicidad del

<sup>3</sup> CAPELO Eduardo, "Tecnología de la fundición", Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1987

moldeo y para crear la presión piezométrica positiva en el sistema de bebederos. La conicidad del canal es de 2 a 4%.

d) **Talón de caída**<sup>4</sup>.

Algo de aire entra siempre cuando se vierte el metal al sistema, especialmente antes de que se regularice el flujo.

Para permitir la expulsión de ese aire y también para evitar que se produzcan gotas frías por la caída del metal a un canal liso, se diseña el talón de caída bajo el jirio o bebedero (ver figura 5). El diámetro del talón debe ser dos veces el valor del ancho del canal de distribución y debe estar a un nivel más bajo que ella. Es decir que el talón debe tener una altura de  $2D$  y debe estar más bajo que el canal en  $D$ .

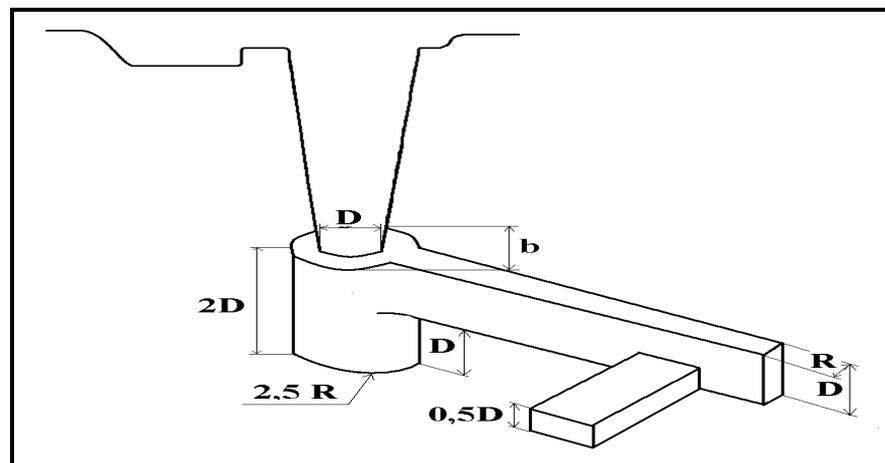


Figura 5: Talón de Caída.

e) **Canal de distribución**<sup>5</sup>.

Este canal es el que permite llevar el metal a los distintos puntos por donde se alimenta la pieza. Pueden ser canal de distribución simple y canal de distribución compuesta (ver figura 6).

<sup>4</sup> Talón de caída. (Fuente: CAICEDO Jorge, "Influencia de la temperatura de Colado Sobre la fluidez de las Aleaciones de Aluminio-Magnesio-Silicio, Tesis de grado, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2003)

<sup>5</sup> Tipos de canales de distribución. (Fuente: PASTOR Mario, "Apuntes de Fundición", Facultad de Ingeniería Mecánica)

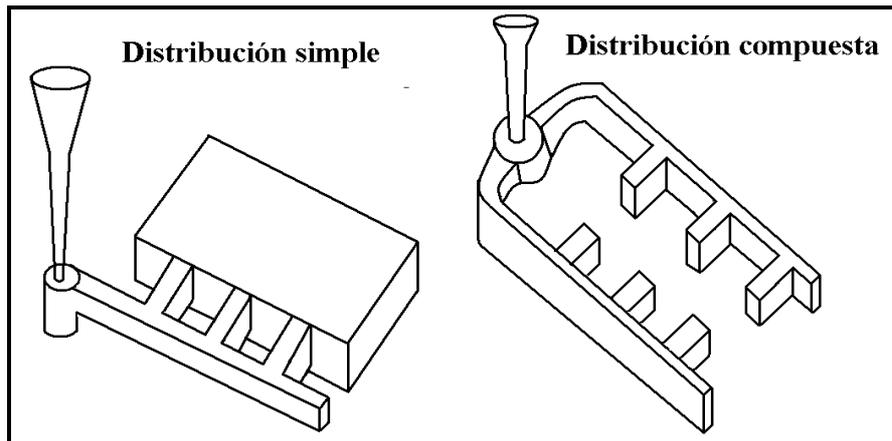


Figura 6: Canales de Distribución.

f) **Canales de alimentación o entrada.**

Estos son los elementos que alimentan propiamente a la pieza ya que desde ellos el metal ingresa al molde. Su dimensionamiento tiene particularidad ya que la sección total de estos canales de entrada es la que regula el flujo y la velocidad de vaciado. Por lo tanto es el primer elemento que se calcula al diseñar el sistema de alimentación (ver figura 7).

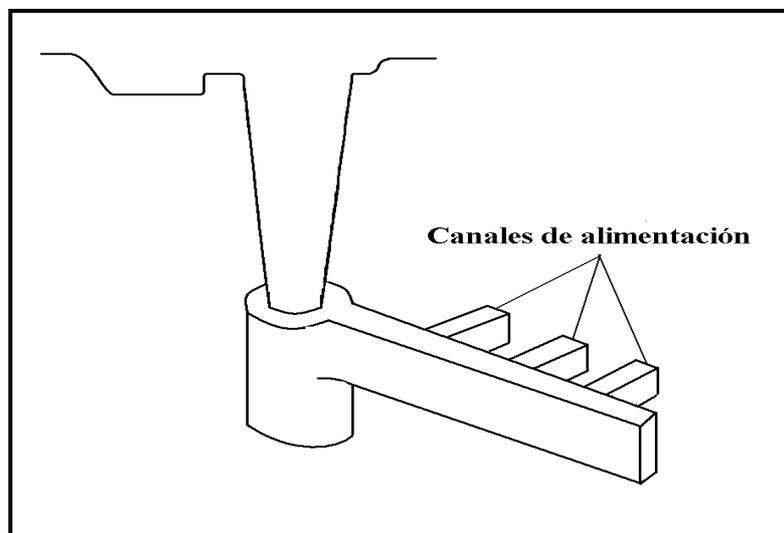


Figura 7: Canales de alimentación.

g) **Métodos de Cálculo Para los Sistemas de Bebederos.**

El área de la sección del canal vertical para las molduras de aleaciones de aluminio se determina por el monograma siguiente.

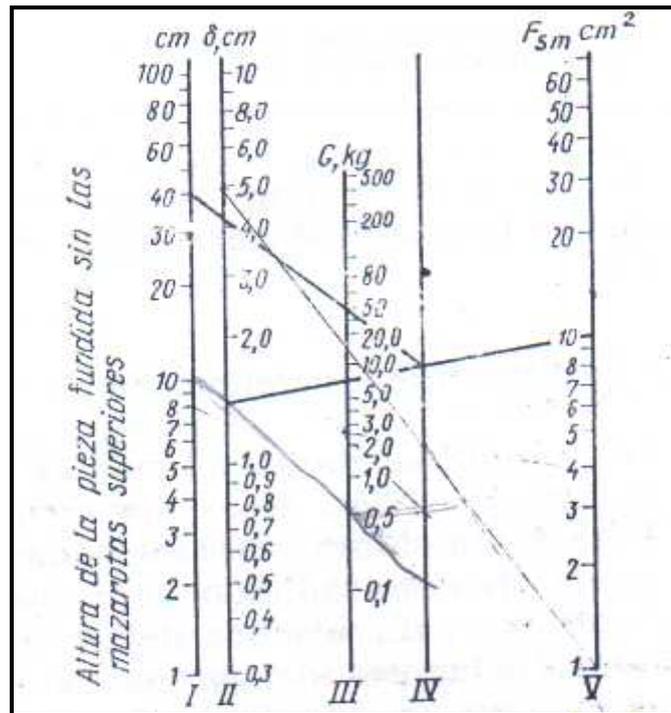


Figura 8: Instructivo para el cálculo de bebederos.<sup>6</sup>

Por la altura (escalas I, II) y la masa de las molduras (escala III), se hallan los puntos que se unen con una línea recta. Esta línea se prolonga hasta la intersección con la escala IV. El punto de intersección se une con una recta con el punto (espesor medio de la moldura) en la escala II y esta línea se prolonga hasta la intersección con la escala V. El punto en la escala V corresponde a la sección del canal vertical para la moldura predeterminada.

### 2.3.3. Moldeo.

#### a) Generalidades y Clasificación

El moldeo, se realiza en la sección específicamente destinada dentro del taller de fundición. Los machos se elaboran en la sección de machos y son enviados al armado del molde en la sección de moldeo. La elaboración de moldes, machos y el armado del molde son las etapas más importantes en la fabricación de molduras.

#### b) Cajas de Moldeo

En la producción de molduras, los moldes generalmente son elaborados en cajas de moldeo. Se llaman cajas de moldeo a los marcos rígidos (rectangulares,

<sup>6</sup> Tecnología del proceso de fundición/N.D: TITOV; A. STEPÁNOV

cuadrados, redondos, de forma) de fundición, que protegen el molde de arena contra su destrucción tanto durante el armado, como en la transportación ya la colada. El molde se obtiene generalmente de dos cajas de moldeo, la superior y la inferior. Las superficies de las cajas de moldeo en los planos de separación se acepillan, y en alguna ocasiones se rectifican para asegurar un asiento compacto de los semi-moldes. Para el transporte poseen manijas, en las paredes de las cajas se practican orificios de ventilación para la expulsión de los gases creados durante la colada de las molduras.

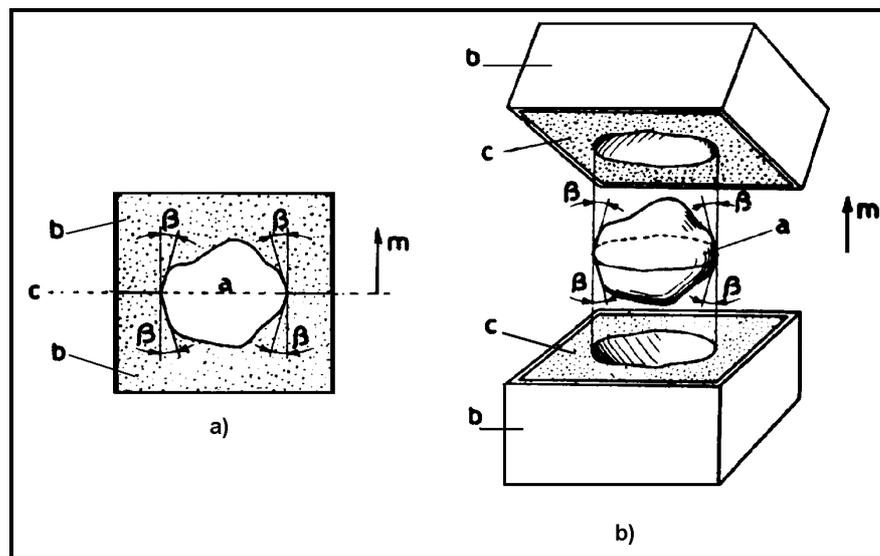


Figura 9: Cajas de moldeo

### 2.3.4. Moldeo a mano.

#### 2.3.4.1. Generalidades.

Este proceso se denomina moldeo, se realiza en las secciones de moldeo del taller de fundición. Los machos se elaboran en la sección de machos y son enviados al armado del molde en la sección de moldeo. La elaboración de moldes, machos y el armado del molde son las etapas más importantes en la fabricación de molduras. En dependencia del grado de mecanización se diferencian tres tipos de moldeo: a mano, a máquina y automático.

### 2.3.4.2. Herramientas para moldear a mano<sup>7</sup>

Para la elaboración y acabado de los moldes de fundición se utilizan herramientas muy diversas. En dependencia de su destinación pueden ser divididas en dos grupos:

**a) Primer grupo.** Pertencen las herramientas utilizadas para llenar las cajas de moldeo con la mezcla (figura 10), compactación de la mezcla y ventilación del molde (palas, criba, pisones de mano y de aire comprimido, aguja para ventilación, etc.), como también para verificar la posición horizontal del modelo (nivel o nivel de escuadra).

**b) Segundo grupo.** Pertencen las herramientas destinadas para extraer los modelos de los moldes (figura 11) y el acabado del molde: pinceles de cáñamo y cepillos, elevadores (de rosca, tornillo o ganchos), martillos, alisadores, ganchos con cuchilla de diversas dimensiones, lancetas, cucharas, patillas de diferentes perfiles.

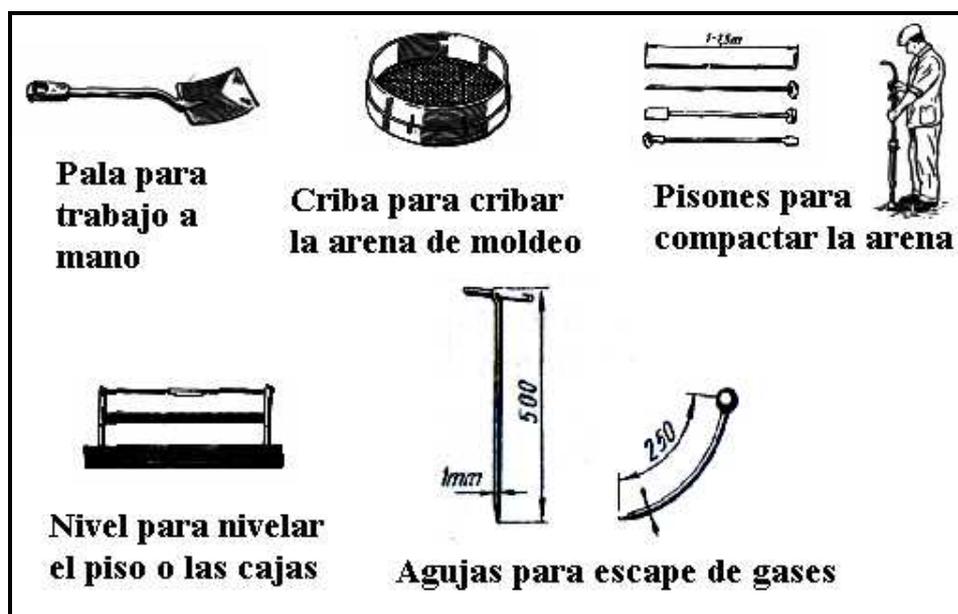


Figura 10: Herramientas de moldeo

<sup>7</sup> TITOV, STEPANOV, "Tecnología del Proceso de Fundición", Editorial, Moscú: MIR, 1981

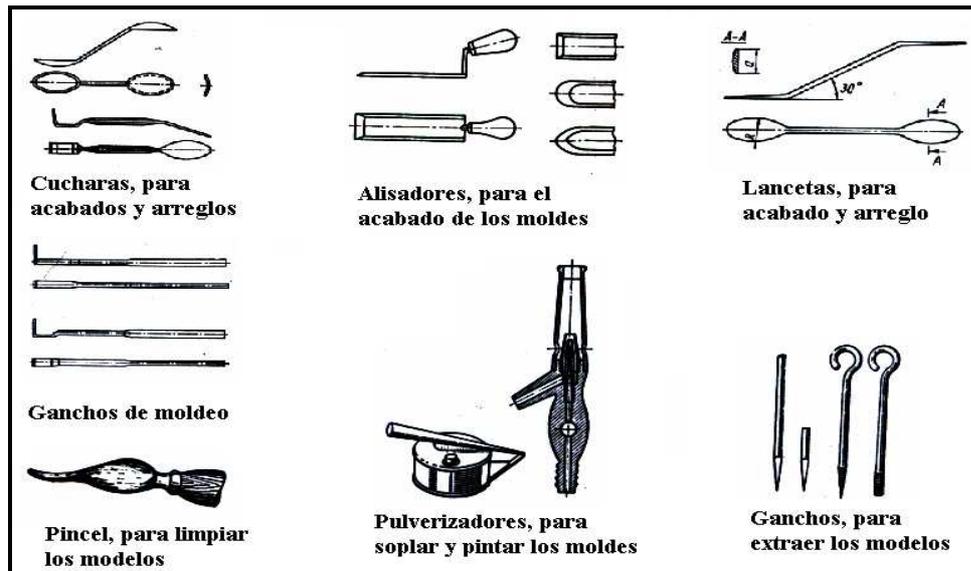


Figura 11: Herramientas de moldeo

#### 2.3.4.3. Moldeo descubierto en el suelo.

El moldeo en tierra generalmente se utiliza en la producción unitaria y en pequeños lotes, preponderantemente al fabricar piezas de gran tamaño. El moldeo en tierra se lo realiza en fosos que se hacen el piso, o en cajones neumáticos que son fosos profundos revestidos con ladrillos, utilizando lechos de moldeo para la evacuación de gases.

#### 2.3.4.4. Moldeo cubierto en el suelo

Para el moldeo cubierto en suelo (lecho duro) se cava el foso de una profundidad de 300 – 500 mm mayor q la altura del modelo. Sobre el fondo del foso bien compactado se echa una capa de coque o carbonilla (la dimensión de los trozos es de 50-70 mm) de un espesor de 100-250 mm. Para la evacuación de gases se instalan tubos cuyo extremo superior están dispuestos un poco más alto del nivel del suelo. Sobre el lecho duro se echa la mezcla de moldeo, la cual se compacta después de instalar el modelo. Luego la superficie del molde se allana y se cubre con la caja de moldeo con los elementos del sistema de bebederos.

### 2.3.5. Horno de crisol<sup>8</sup>

Este es el tipo más sencillo de horno, y todavía se encuentra en algunas fundiciones pequeñas que trabajan aleaciones de metales no ferrosos. También se puede fundir hierro fundido pero en pequeñas cantidades. Está compuesto de un crisol de grafito o alúmina, apoyado sobre zócalos de refractario que están situados en el centro de la recámara en la cual se produce la combustión para formar la llama necesaria para fundir el metal sólido situado en el crisol. El crisol alcanza temperaturas muy elevadas, fundiendo de este modo el metal (ver figura 12).

Es necesario evitar la humedad, la manipulación brusca y el enfriamiento rápido. Un buen crisol empleado para bronce, puede tener una duración de 100 y hasta 150 fuegos.

Horno de crisol. d – Ladrillo refractario; a – crisol; b – zócalo de refractario; g – ventilador; f – chimenea; e – cenicero.

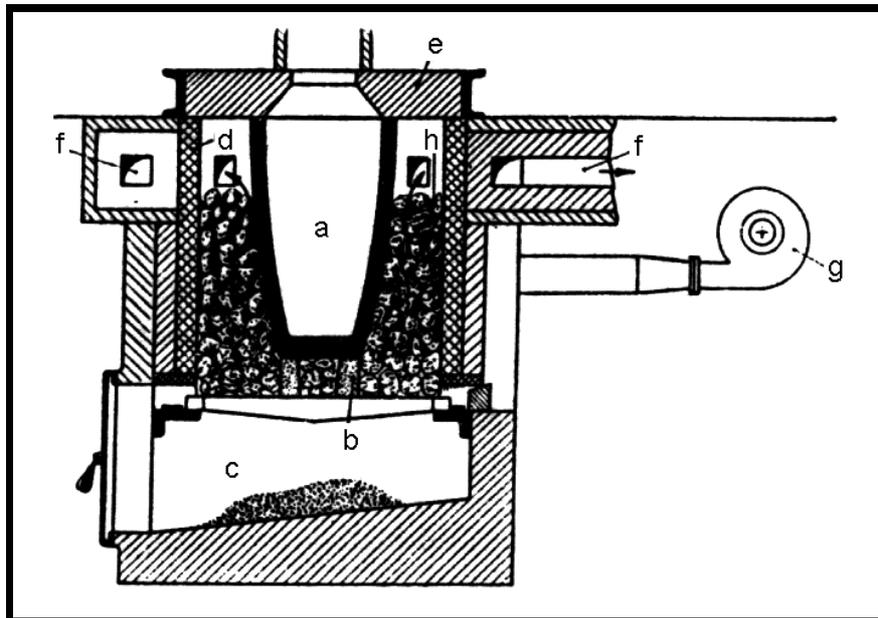


Figura 12: Horno de crisol

<sup>8</sup> CAPELLO Eduardo, "Tecnología de la Fundición", Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1987

## 2.3.6. Materiales Refractarios.

### 2.3.6.1. Generalidades y Clasificación

Los materiales refractarios son aquellos que pueden ser expuestos a altas temperaturas sin perder sus funciones, es decir aquellos cuya principal característica es la resistencia al calor. Se clasifican por:

#### a) Materiales Refractarios Por Temperatura

Tabla 2.3.6.1(a) Clasificación por temperatura.

TIPO	COMP. QUIMICA	Temp °C
Periclasa	MgO	2800
Espinela	MgO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2135
Forsterita	2MgO.SiO <sub>2</sub>	1890
Mullita	3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .2SiO <sub>2</sub>	1850

#### b) Materiales Refractarios Según Materia Prima.

Tabla 2.3.6.1 (b) Materiales Aluminosos.

TIPO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Temp °C
Vermiculita	12	1100
Perlita	14	1200
Arcillas	21/41	1300
Chamotte	42/48	1600
Andalusita	58/60	1650
Sillimanita	63/65	1550
Mullita	70	1700
Bauxita	80/88	1700

Tabla 2.3.6.1(c) Materiales No Aluminosos.

<b>TIPO</b>	<b>COMP. QUIMICA</b>	<b>Temp °C</b>
Carbon	C	> 3000
Cromita	C2O3	2275
Silice	SiO2	1725
Magnesitas	MgO	2800
Dolomitas	MgO – CaO	> 2000

Tabla 2.3.6.1 (d) Materiales Sintéticos.

<b>TIPO</b>	<b>Temp °C</b>
Alumina Electrofundidas	1800
Aluminas Tabulares	1800
Aluminas Marrones	1700
Carburo de Silicio	1500
Oxidos de Zircono	1650
Magnesitas (agua de mar)	1550
Espinelas	1700
Aluminas Bubble	1800

### 2.3.6.2. Propiedades.<sup>9</sup>

#### a) Propiedades físicas.

- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la flexión
- Resistencia a la abrasión

#### b) Propiedades Químicas

- Resistencia a la erosión
- Resistencia a la abrasión
- Resistencia a la cavitación
- Conductividad térmica
- Expansión térmica

<sup>9</sup> <http://www.carbosanluis.com.ar/REFRACT%20CSL%20-2007.pdf>

### 2.3.6.3. Principales formas de los materiales refractarios usados en fundición.<sup>10</sup>

Los materiales refractarios se presentan en:

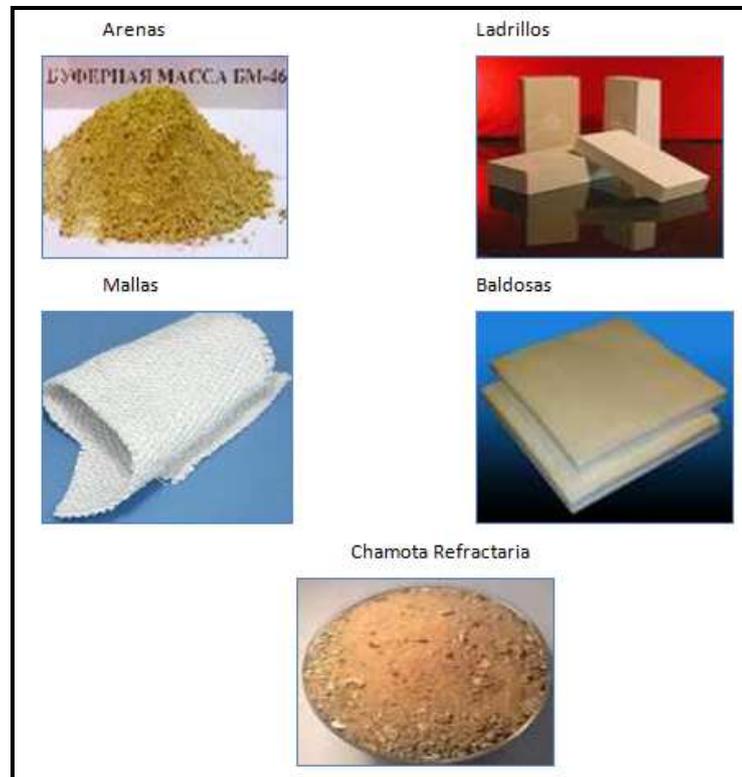


Figura 13: Materiales Refractarios.

### 2.3.6.4. Cualidades principales de los materiales refractarios usados en fundición.

Las principales cualidades de los materiales refractarios son su alta resistencia a la:

- Compresión
- Flexión
- Abrasión
- Erosión
- Cavitación que se produce durante el colado de fundición
- Conductividad térmica
- Expansión térmica propiedades determinantes durante el proceso de enfriamiento y solidificación.

<sup>10</sup> <http://www.ru.all-biz.info/es/g376468>.

### **2.3.6.5. Aplicaciones.**

Siendo su principal característica la resistencia al calor, generalmente son usados como aislantes térmicos y refractarios principalmente en hornos de fundición: crisoles, cubilotes, eléctricos, de inducción, de reverbero.

Existen otros tipos de maquinarias que también requieren de aislamiento térmico tales como calderos, hornos de sacado. También los materiales refractarios son utilizados en sistemas de vapor de altas presiones.

### **2.3.7. Solidificación, Enfriamiento, Desmoldeo y Acabado de las piezas.**

#### **2.3.7.1. Solidificación y Enfriamiento.**

Esta etapa es crítica de todo el proceso, ya que un enfriamiento excesivamente rápido puede provocar tensiones mecánicas en la pieza, e incluso la aparición de grietas, mientras que si es demasiado lento disminuye la productividad. Además un enfriamiento desigual provoca diferencias de dureza en la pieza. También se puede utilizar estas placas metálicas para promover una solidificación direccional. Además, para aumentar la dureza de la pieza que se va a fabricar se pueden aplicar tratamientos térmicos o tratamientos de compresión.

#### **2.3.7.2. Desmoldeo.**

Cuando la pieza se ha solidificado y enfriado hasta el punto de poder ser manipulada sin peligro, se procede al desmoldeo, bien se trate de coquillas o de cajas. Para realizar esta operación, después de levantar la caja se rompe el molde de arena con martillos o barras adecuadas. Los moldes permanentes de yeso y las coquillas metálicas solo han de abrirse ya que, después de sacada la pieza, deben ser utilizados nuevamente.

#### **2.3.7.3. Limpieza y Acabado.**

La pieza extraída del molde está áspera, tiene incrustaciones de arena y las rebabas que corresponden a las juntas de la caja o de la coquilla y lleva unidos todavía bebederos, cargadores y mazarotas. Es necesario pulir la pieza, desprender los bebederos y los cargadores, desbarbarla, limpiarla con el chorro de arena etc., al objeto de mejorar su aspecto y hacerla apta para los procesos sucesivos.

## 2.4. Tipos de ensayos para Aluminio.

### 2.4.1. Probetas.

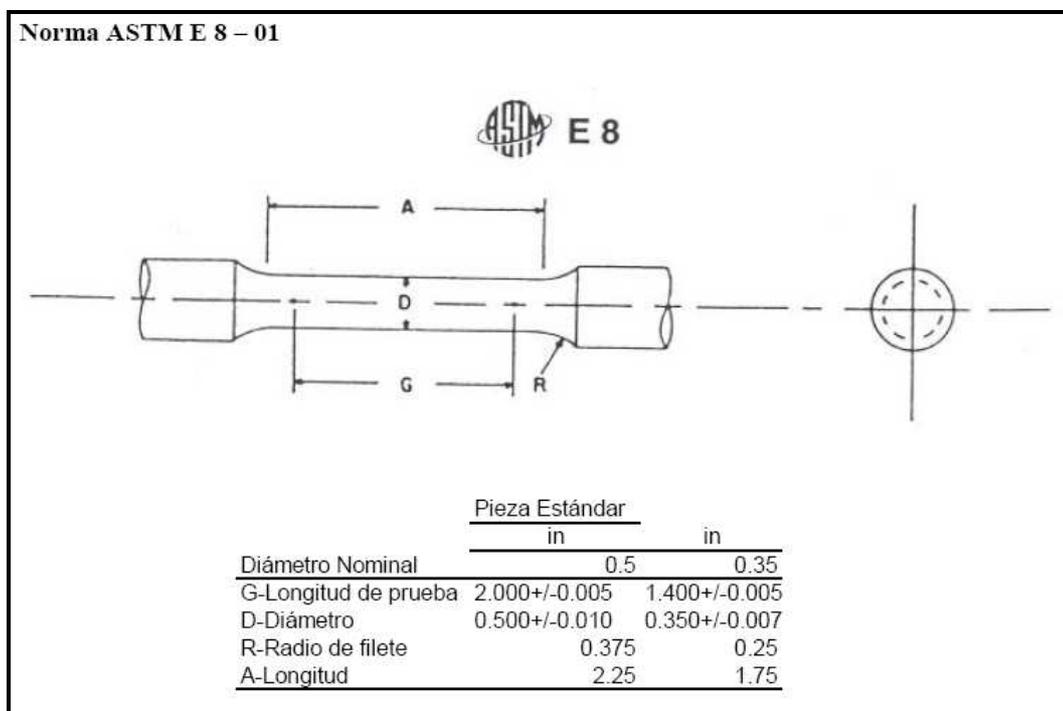


Figura 14: Probeta según la norma ASTM E8<sup>11</sup>.

La caracterización de los materiales atendiendo a sus propiedades mecánicas es de suma importancia en el diseño, ya que nos permite elegir el material correcto según la función y esfuerzos a los que estará sometido. Para que dichas propiedades se puedan comparar convenientemente es necesario que el tamaño de las probetas, así como la forma en que se aplique la carga, estén estandarizados. Es así como surgen distintas organizaciones para establecer dicha uniformidad; este es el caso de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM)<sup>12</sup>, Para la prueba aplicaremos una carga en dirección del eje axial de una probeta cilíndrica (estandarizada según norma ASTM E8).

La prueba de tensión brinda información de la resistencia y la ductilidad de materiales bajo esfuerzos de tensión uniaxiales.

<sup>11</sup> Normas de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM)/ Apéndice E8.

<sup>12</sup> Normas de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM)/ Apéndice E8.

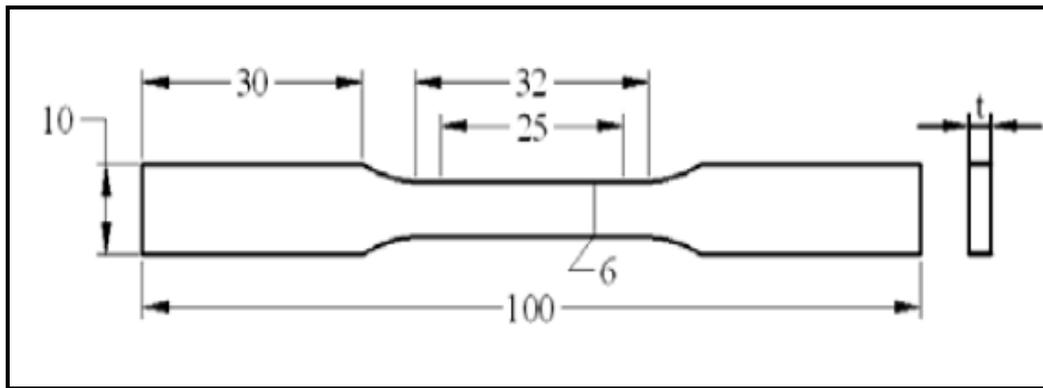


Figura 15: Probeta plana de tracción.

Este método de prueba es útil para materiales metálicos en cualquier forma a temperatura ambiente, específicamente, los métodos de tracción.

La realización de estas pruebas es de gran ayuda para comparar materiales, desarrollo de aleaciones, Control de Calidad y diseño bajo ciertas circunstancias.

#### 2.4.2. Inspección.<sup>13</sup>

Las piezas fundidas se inspeccionan en cuanto a su exactitud dimensional, dureza, acabado superficial, propiedades físicas, si está sana interiormente y si tiene grietas. Si es sana interiormente se comprueba cortando o rompiendo piezas piloto o por una prueba no destructiva usando rayos X, rayos gamma y el fluoroscopio.

##### a) Inspección y Ensayo.

La inspección entendida como la revisión física y la medición de ciertas características del material o equipo para asegurar su conformidad con una serie de requisitos, constituye el método más antiguo y establecido de Aseguramiento de la Calidad. En la actualidad la gran mayoría de los fabricantes utilizan la inspección como método principal de control de la calidad. De hecho más de 90% de los recursos humanos dedicados al control de la calidad son utilizados en labores de inspección o ensayo.

<sup>13</sup> Tesis de Grado/Aseguramiento de la Calidad en el taller de fundición/Tlgo. Samaniego H; Tlgo. Pérez J.

### **b) Planificación Sistemas de Ensayo.**

Las actividades de inspección y ensayo requieren una planificación adecuada con procedimientos detallados que aseguren la confianza del cliente en el producto fabricado.

A continuación se detallan varios puntos a tener en consideración en el desarrollo de los procedimientos de inspección.

- Identificación y control de la documentación.
- El producto o contrato al que van a aplicar los procedimientos.
- Las distintas etapas donde son aplicables los procedimientos.
- El personal que ha de utilizar los procedimientos.
- Las características que deben ser inspeccionadas.
- El tipo de inspección que ha de llevarse a cabo.
- Los criterios de aceptación.
- El tipo de información que debe ser registrada y los sistemas para el mantenimiento de los registros.

### **c) Inspección y Ensayo en la Recepción.**

Antes de procesar o ensamblar un material, producto o componente comprado a un suministrador, es necesario asegurarse de su conformidad con las especificaciones. El nivel de inspección y ensayo es dependerá de la confianza de la empresa compradora en la eficacia del sistema del aseguramiento de la calidad del suministrador. Una forma de aumentar este nivel de confianza es establecer un sistema de seguimiento de las actividades de aseguramiento de la calidad del suministrador. Esto puede lograrse mediante una auditoría normal que incluya la comprobación física de las actividades de aseguramiento de la calidad que éste lleva a cabo durante las fases críticas del proceso productivo.

### **d) Inspección y Ensayo durante la Fabricación.**

La inspección durante la fabricación, también conocida como inspección por etapas, pretende detectar las no conformidades en las primeras etapas del proceso para evitar el despilfarro de recursos que supone una salida de material que

posteriormente será rechazado. Cuando la no-conformidad es detectada en las primeras fases, existe la posibilidad de modificar y, por lo tanto, de evitar la fabricación de un producto no conforme.

En la actualidad, la inspección durante la fabricación se utiliza como un componente del control estadístico de procesos, con el fin de identificar las tendencias antes de que ocurra una no-conformidad.

#### **e) Inspección Final y Ensayo.**

La inspección final es una actividad de gran importancia en el Aseguramiento de la Calidad ya que constituye la última oportunidad para que el suministrador pueda confirmar el cumplimiento total del producto con los requisitos del cliente. La inspección final ha de incluir revisiones del funcionamiento y del rendimiento, en caso de ser aplicable. En todos los casos es necesario confirmar que las inspecciones de recepción, control de proceso y durante la producción han sido llevadas a cabo y que existen unos registros que confirman los resultados satisfactorios de cada inspección.

El sistema de calidad debe asegurar que un producto no será despachado hasta que no se hayan visto completadas todas las actividades especificadas en el plan de la calidad. Así mismo, el sistema ha de ser capaz de reunir todos los registros de las actividades que afectan a la calidad con el fin de permitir una revisión inmediata una vez completada la producción.

### **2.4.3. Ensayos destructivos<sup>14</sup>**

#### **a) Ensayos mecánicos.**

Para conocer las propiedades mecánicas de las piezas coladas, es necesario realizar diferentes ensayos, los cuales permiten asignar a toda propiedad una unidad de medida y un valor numérico, de modo que sea posible analizar y comparar los resultados obtenidos.

---

<sup>14</sup> Tesis de Grado/Aseguramiento de la Calidad en el taller de fundición/Tlgo. Samaniego H; Tlgo. Pérez J. / Pág. 48.

### b) Ensayos de Tracción.

Es fundamental en la inspección de la calidad de piezas coladas y la base para muchos ensayos de recepción o aceptación de metales y aleaciones. El ensayo de tracción de un material consiste en someter a una probeta normalizada realizada con dicho material a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la probeta.

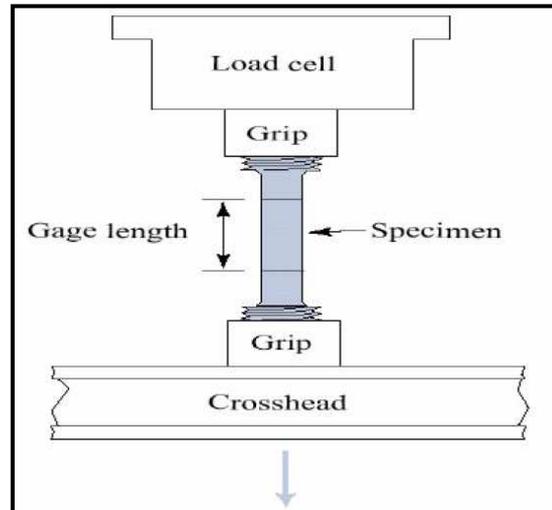


Figura 16: Probeta sometida a una fuerza de tensión uni-axial a velocidad constante.

### c) Ensayo de Compresión.

El esfuerzo de compresión es una presión que tiende a causar una reducción de volumen. Cuando se somete un material a una fuerza de flexión, cizalladora o torsión actúan simultáneamente fuerzas de torsión y compresión. Los ensayos practicados para medir el esfuerzo de compresión son contrarios a los aplicados al de tensión, con respecto a la dirección y sentido de la fuerza aplicada.

**Carga de compresión** = contracción y deformación lineal negativa.

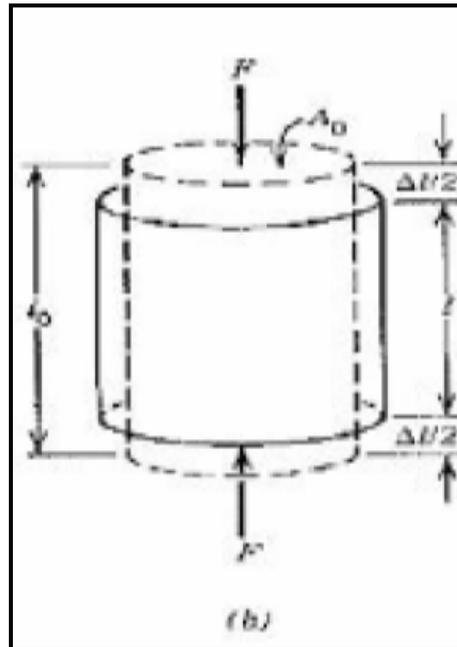


Figura 17: Probeta sometida a cargas de compresión.

#### d) Ensayo de Dureza.

Es fácil comprender el concepto general de la dureza como una cualidad de la materia que tiene que ver con la solidez y la firmeza de contorno, pero no se ha ideado todavía ninguna medida universal de la dureza aplicable a todos los materiales. La "física" fundamental de la dureza aún no se ha entendido claramente.

Escalas de Dureza:

- Ensayo de Brinell.
- El ensayo de Rockwell.
- Aparato de dureza de Vickers.

### e) Ensayo de Flexión y Torsión.

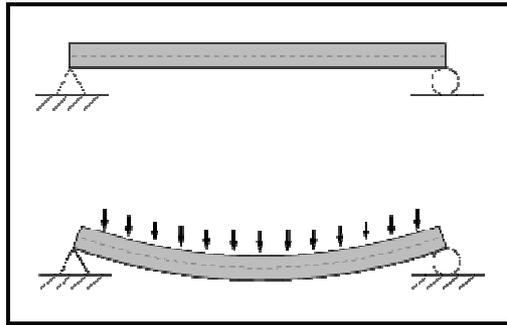


Figura 18: Probeta sometida a un Ensayo de Flexión.

En ingeniería se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término "alargado" se aplica cuando una dimensión es preponderante frente a las otras. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar, preponderantemente, por flexión. Igualmente, el concepto de flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas.

En ingeniería, torsión es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes o, en general, elementos donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas.

La torsión se caracteriza geoméricamente porque cualquier curva paralela al eje de la pieza deja de estar contenida en el plano formado inicialmente por las dos curvas.

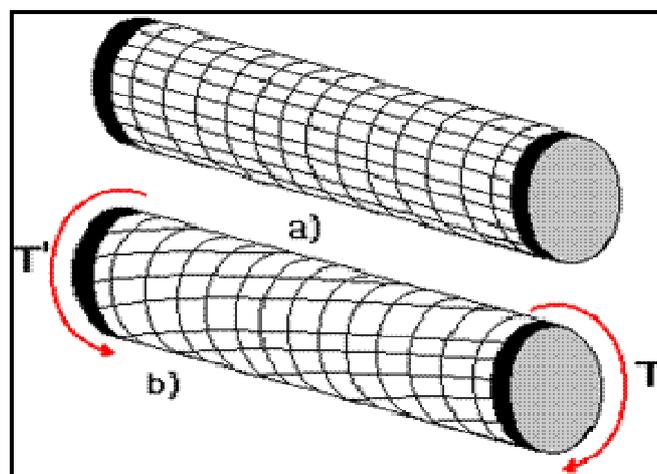


Figura 19: Probeta sometida a fuerzas de torsión.

#### **2.4.4. Defectos de Fundición.<sup>15</sup>**

##### **a) Control de productos no conformes.**

Normalmente la no-conformidad se detecta durante una de las fases de inspección del material. Una vez detectado un producto no conforme, ha de ser sometido a un marcado específico que indique dicha condición. El método de identificación utilizado debe dejar patente que dicho producto incumple los requisitos. Así mismo. El método usado debe asegurar que el código o marcado aplicando a tales productos no pueda ser retirado o destruido inadvertidamente.

##### **b) Separación.**

El suministrador debe tener un procedimiento para el aislamiento físico de los productos no conformes. Debe designarse un área de aislamiento para almacenar los materiales no conformes, pendientes de una revisión que determine su destino final. Es de gran importancia ejercer un control estricto sobre esta zona para evitar la utilización del material no conforme, antes de que sea tomada una decisión acerca de su destino final.

##### **c) Revisión.**

Todos los productos, componentes y materiales no conformes, han de estar sujetos a una revisión por una autoridad designada para tal fin.

##### **d) Destino.**

La eficacia del control de los productos no conformes depende de las acciones delimitadas en el procedimiento redactado para este fin. Dicho procedimiento requiere la participación de varios departamentos, quienes han de ser notificados de la no-conformidad para permitir la toma de decisiones respecto al destino final de los productos no conformes. Concretamente, es esencial una comunicación inmediata al departamento de producción para permitir que éstos lleven a cabo acciones correctoras que eviten la repetición de los hechos.

---

<sup>15</sup> Tesis de Grado/Aseguramiento de la Calidad en el taller de fundición/Tlgo. Samaniego H; Tlgo. Pérez J. / Pág.82.

**e) Documentación.**

Las condiciones de no-conformidad son detectadas durante los ensayos o inspecciones las mismas que deben constar en el informe de la inspección. Sin embargo, es necesario generar un documento separado para permitir el control de los productos no conformes, donde se desglose el problema surgido, la cantidad de productos afectados a las acciones tomadas. Para este fin deben diseñarse un impreso específico con el siguiente formato:

- Una identificación completa del artículo y de la cantidad afectada.
- La fase del proceso de producción en que fue descubierta la no-conformidad.
- Datos completos del fallo o de la no-conformidad.
- La recomendación del comité de revisión y la decisión final del destino del material.
- Datos de la rectificación o modificación llevada a cabo y los resultados de éstas de ser aplicable.
- El tipo de acción correctora tomada para evitar la repetición del incidente.

**f) Lista de Verificación para el control de productos no conformes.**

- ¿Existen procedimientos que delimiten la responsabilidad de identificar los productos no-conformes?
- ¿Incluyen los documentos de no-conformidad suficiente información como para vincularlos al producto afectado?
- ¿Existe un procedimiento para la revisión de los productos no conformes?
- ¿Hay directrices para regular la aceptación de un producto bajo concesión?
- ¿Existen procedimientos de reparación y rectificación del material no-conforme, así como para una posterior inspección para comprobar la conformidad?
- ¿Están documentados los datos de reparación y de la reparación y de la rectificación del material así como de los resultados de la re-inspección?
- ¿Se definen las responsabilidades y de la autoridad para decidir el destino final del material.

## CAPITULO III

### **3. DIAGNOSTICO ACTUAL DEL LABORATORIO TALLER DE FUNDICIÓN.**

#### **3.1. Reseña Histórica.<sup>16</sup>**

##### **a) ANTECEDENTES**

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), tiene su origen en el Instituto tecnológico Superior de Chimborazo, creado mediante Ley No.6090, expedida por el Congreso Nacional, el 18 de abril de 1969. Inicia sus actividades académicas el 2 de mayo de 1972 con las Escuelas de Ingeniería Zootécnica, Nutrición y Dietética e Ingeniería Mecánica. Se inaugura el 3 de abril de 1972.

##### **b) BASE LEGAL.**

Según Ley 6909 del 18 de abril de 1969, expedida por el Congreso Nacional publicada por el registro Oficial N°, 173 del 7 de mayo de 1969, se crea el Instituto Superior Tecnológico de Chimborazo, iniciando sus labores académicas el 2 de mayo de 1972. El cambio de denominación a Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, se produce mediante Ley No. 1223 del 29 de octubre de 1973 publicada en el Registro Oficial N° 425 del 6 de noviembre del mismo año. Las Escuelas de Nutrición y Dietética y de Ingeniería Zootécnica convirtieron en facultades conforme lo estipula la Ley de Educación Superior en sus artículos pertinentes.

El 7 de septiembre de 1995, la Facultad de Mecánica, crea las Carreras de Ingeniería de Ejecución en Mecánica y de Ingeniería de Mantenimiento Industrial, mediante resoluciones 200 y 200a, del H. C. P.

La ESPOCH es una institución con personería jurídica de derecho público totalmente autónoma, se rige por la Constitución Política del Estado ecuatoriano, la ley de educación superior y por su propio estatuto y reglamentos internos y tiene su domicilio principal en la ciudad de Riobamba.

---

<sup>16</sup><http://www.espoch.edu.ec/index.php?action=facultades&id=5/cedicom/archivoPDF>.

La Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cuenta con la unidad productiva CEDICOM que la conforman los siguientes talleres y laboratorios:

- **TALLERES:**

- Automotriz
- Fundición
- Producción Metal Mecánica
- Máquinas Herramientas
- Soldadura

- **LABORATORIOS:**

- Tratamientos térmicos
- Metalografía
- Ensayos no destructivos
- Resistencia de materiales
- Eficiencia energética
- Fundición y Arenas
- Automatización de procesos
- Electricidad y electrónica
- Termo fluidos
- Cómputo
- Óleo-hidráulica y neumática.
- Instrumentación.

### **3.2. Misión**<sup>17</sup>

Apoyar en la gestión académica y de producción de bienes y servicios especializados en las Escuelas de Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería de Mantenimiento e Ingeniería Automotriz.

### **3.3. Visión**<sup>18</sup>

Ser una unidad productiva eficiente y ágil, cuyo servicio sea de calidad de tal forma que demuestre el profesionalismo de los politécnicos y aporte significativamente al desarrollo de la actividad investigativa y productiva de la Facultad de Mecánica, para lograr el reconocimiento social.

### **3.4. Organigrama Administrativo.**<sup>19</sup>

- **ESTRUCTURA ORGÁNICO FUNCIONAL**

La realidad institucional, nos señala que debemos asumir una actitud positiva frente a los grandes desafíos, mejorar ante el estancamiento y la apatía, implementar una cultura organizativa, con coordinación y responsabilidad, entendiendo que la estructura de una organización es simplemente la suma total de las formas en que su trabajo es dividido en diferentes tareas con una adecuada coordinación entre ellas, para el cumplimiento efectivo de su misión, procurando que nuestra Politécnica se constituya en un verdadero sistema abierto y dinámico, que implique integridad y unificación para lograr el funcionamiento óptimo del conjunto de sus componentes.

---

<sup>17</sup> <http://www.esPOCH.edu.ec/index.php?action=facultades&id=5/cedicom/archivoPDF>.

<sup>18</sup> <http://www.esPOCH.edu.ec/index.php?action=facultades&id=5/cedicom/archivoPDF>.

<sup>19</sup> <http://www.esPOCH.edu.ec/index.php?action=facultades&id=5/cedicom/archivoPDF>.

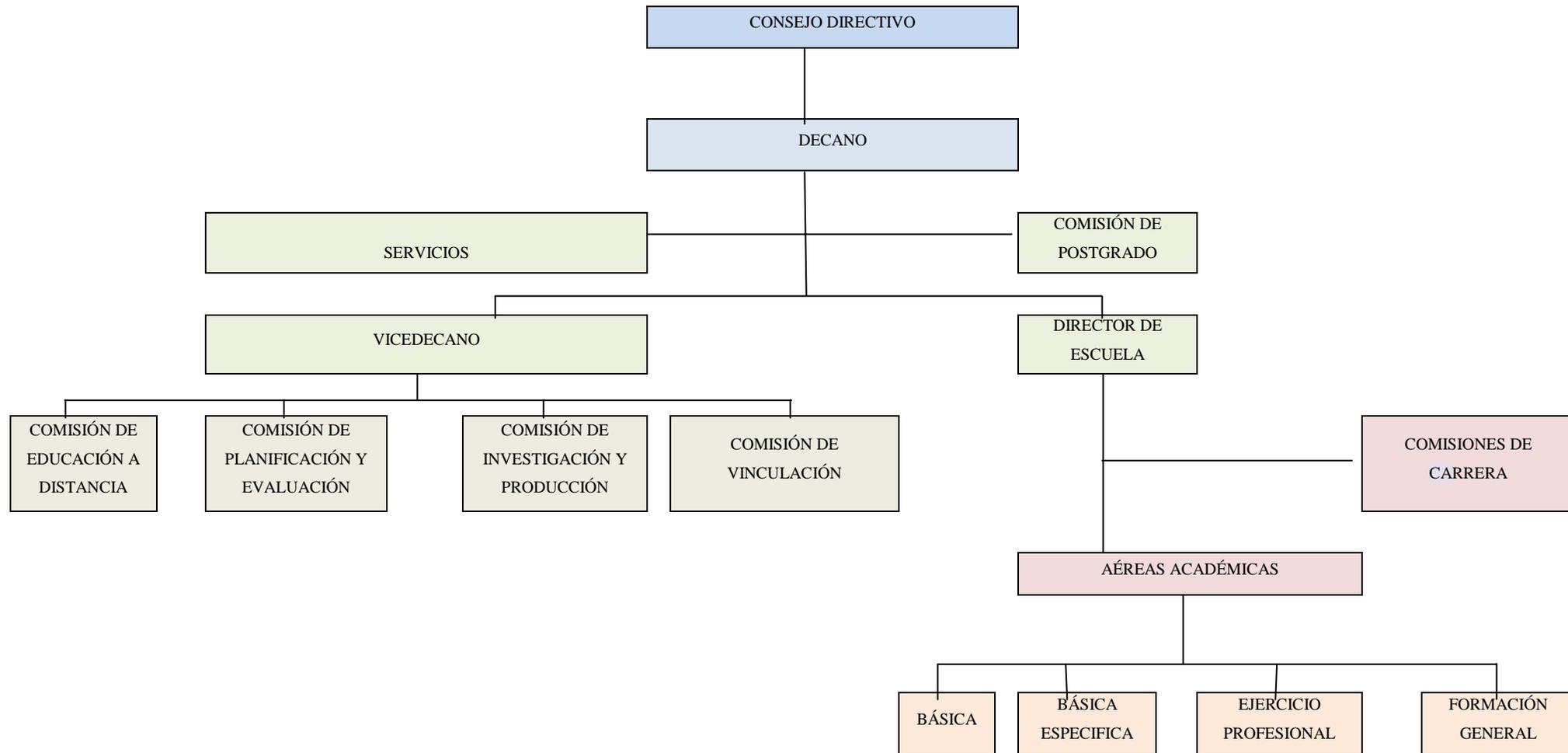


Figura 20: Organigrama de la Facultad de Mecánica<sup>20</sup>

<sup>20</sup> <http://www.esPOCH.edu.ec/index.php?action=facultades&id=5/cedicom/archivoPDF>.

### 3.5. Descripción del proceso actual de fundición.

El proceso de fundición se lo realiza en un horno de inducción con Crisol.

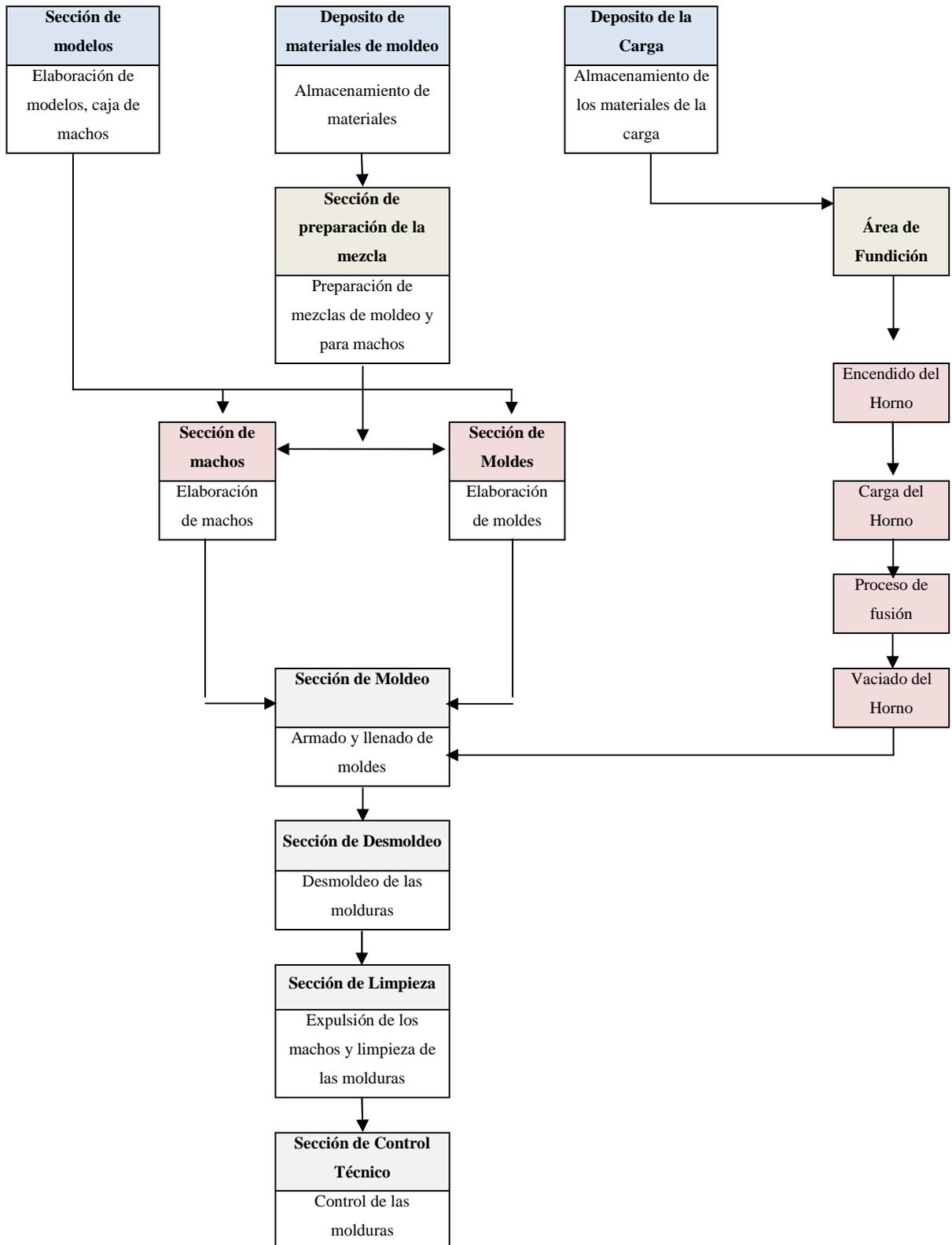


Figura 21: Proceso de fundición.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Tecnología del proceso de fundición/N.D: TITOV; A. STEPÁNOV/Pág. 15.

### 3.6. El Procedimiento de Moldeo.

Para comenzar con el procedimiento del Moldeo se debe tomar muy en cuenta

- El modelo completo.
- La caja o cajas de moldeo.
- Indicaciones sobre la arena a emplear.
- Indicaciones precisas sobre el sistema de moldeo y de colada.
- Herramientas y materiales necesarios para el moldeo.

Los pasos dentro del procedimiento de moldeo se detallan a continuación:

a) Mojar las paredes interiores de la caja de moldeo.

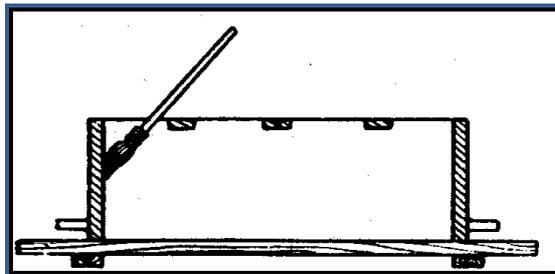


Figura 22: Caja de moldeo.

b) Colocar el modelo sobre un tablero.

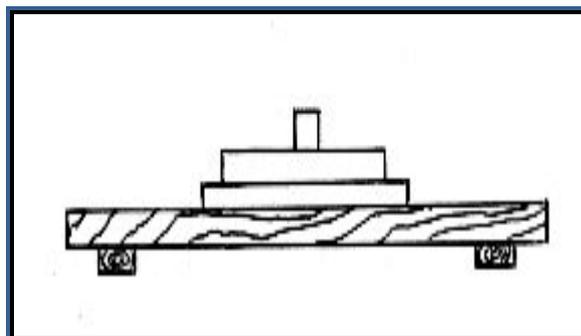


Figura 23: Modelo.

c) Disponer la caja y modelo inferior.

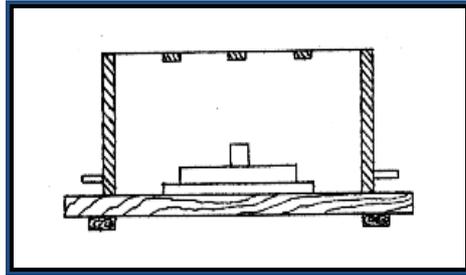


Figura 24: Caja y Modelo.

d) Cubrir el modelo de arena fina o arena para modelo.

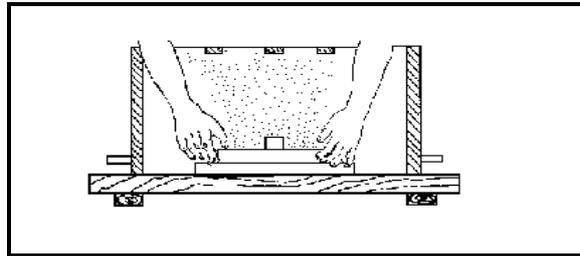


Figura 25: Arena de moldeo.

e) Llenar la caja de moldeo con arena gruesa o de relleno.

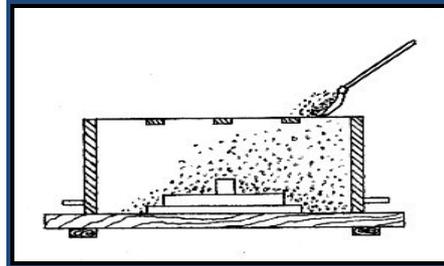


Figura 26: Arena de relleno.

f) Atacar la arena con el pisón.

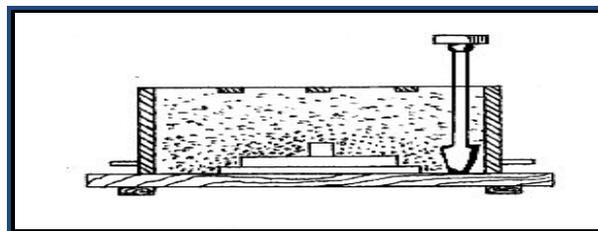


Figura 27: Pisón.

g) Añadir más arena de relleno hasta desbordar unos centímetros de la caja.

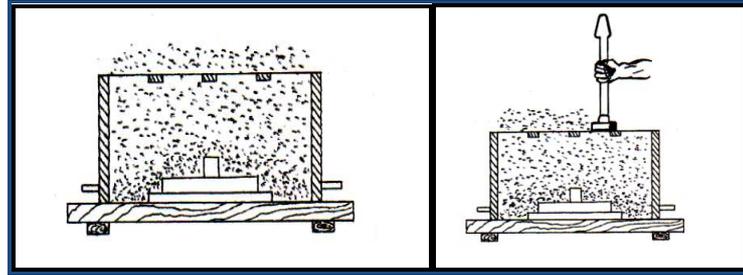


Figura 28: Cajas de moldeo con arena de relleno y el modelo.

h) Allanar la superficie superior y con la aguja de dar gases pincha el molde.

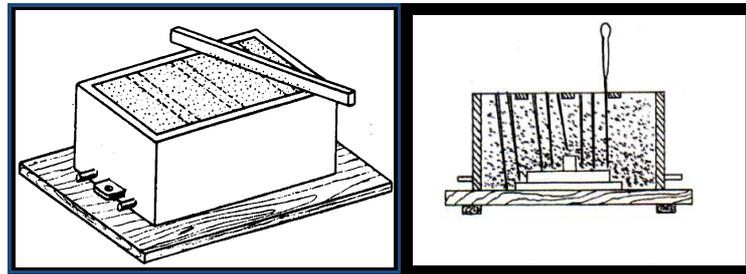


Figura 29: Alisador y Aguja para gases.

i) Preparar un lecho de arena sobre la caja inferior y un tablero auxiliar sobre la misma.

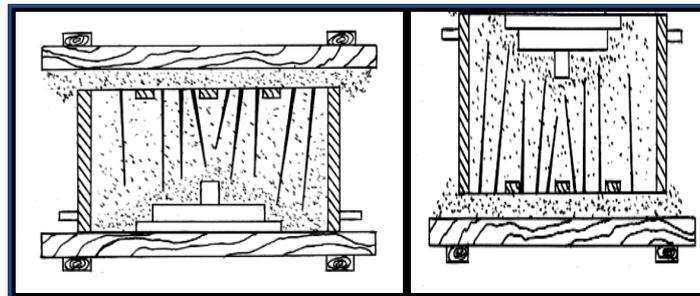


Figura 30: Tablero sobre la caja de moldeo.

j) Quitar el tablero, descubrir los bordes del modelo y las contrasalidas (si las tiene).

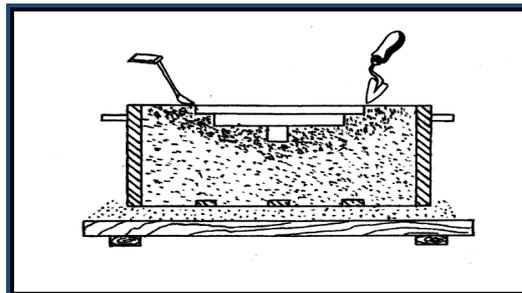


Figura 31: Modelo al descubierto.

k) Ubicar la otra parte del modelo en caso de existir.

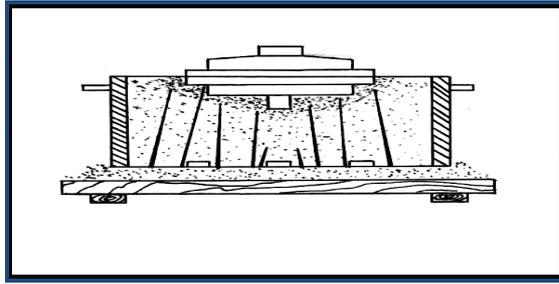


Figura 32: Unión del modelo.

l) Espolvorear el modelo con gris o polvo de sílice seco.

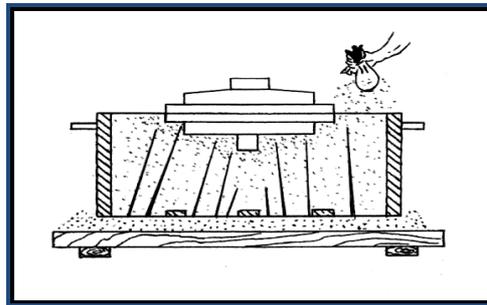


Figura 33: Polvo de sílice.

m) Soplar con el fuelle de mano o el soplador de aire comprimido el exceso de polvo.

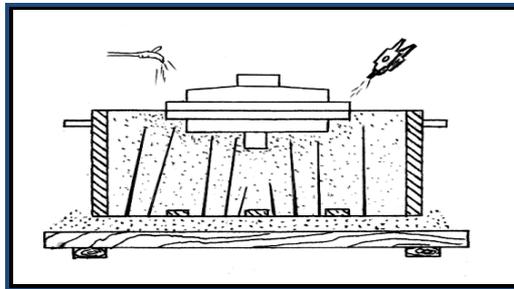


Figura 34: Fuelle para limpieza de la caja.

n) Colocar la caja superior, centrándola con los pasadores de registro.

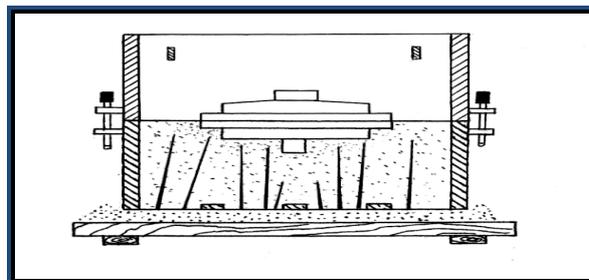


Figura 35: Cajas superior e inferior.

ñ) Disponer los modelos de bebederos, cargadores, mazarotas.

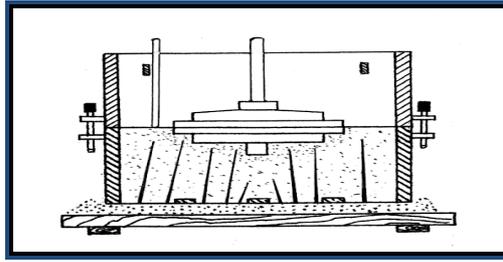


Figura 36: Bebederos en la caja.

o) Cubrir el modelo con arena fina pasado por el cedazo.

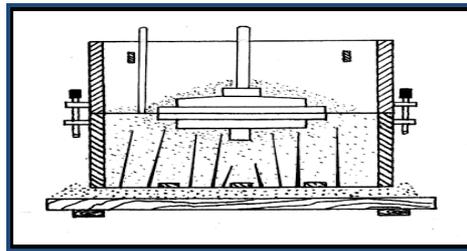


Figura 37: Arena fina sobre el modelo.

p) Colocar ganchos y armaduras de apoyo donde se necesitan.

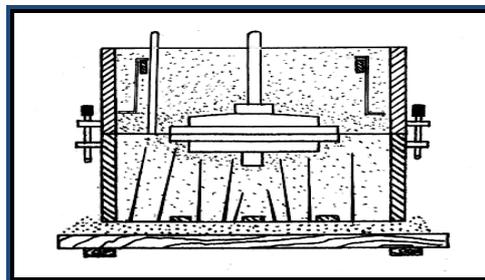


Figura 38: Ganchos en la caja.

q) Extraer los modelos del bebedero y los cargadores.

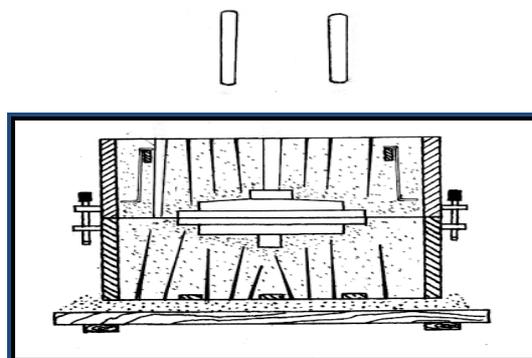


Figura 39: Retiro de los bebederos.

r) Levantar la caja superior guiándose por los pasadores de registro.

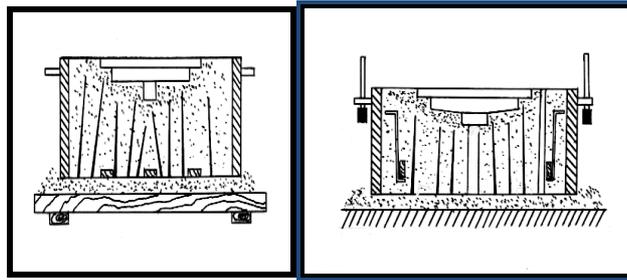


Figura 40: Separación de las cajas.

s) Sacar las diferentes partes del modelo.

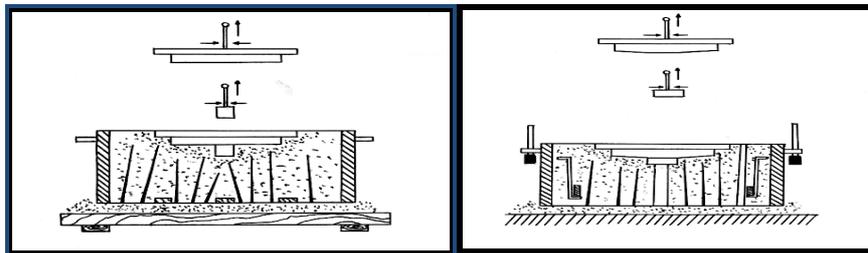


Figura 41: Extracción del modelo.

t) Cortar los canales de alimentación, bebederos, cargadores con la espátula, se forma los embudos y asientos para los filtros.

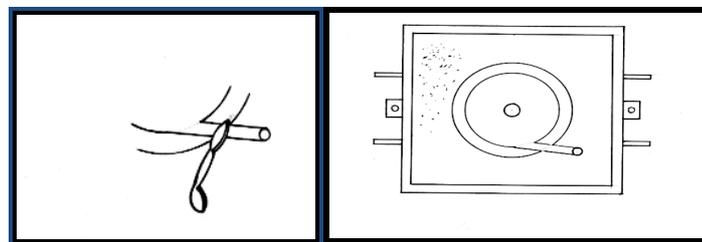


Figura 42: Corte de los canales de alimentación.

u) Repasar las paredes del molde.

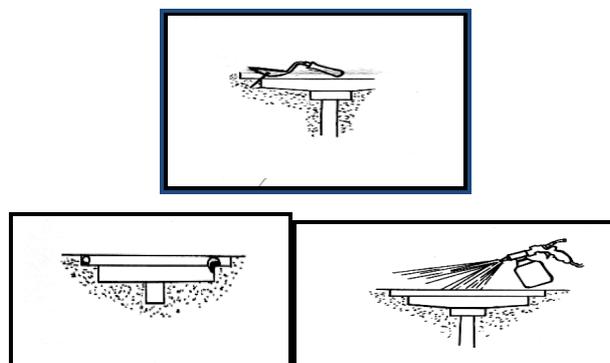


Figura 43: Limpieza de las paredes del molde.

v) Asegurar la salida de gases para los machos.

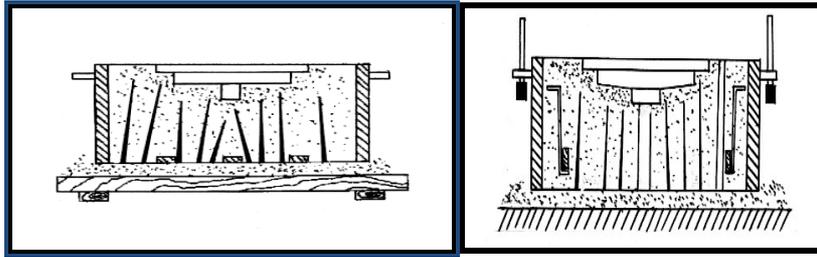


Figura 44: Salida de gases.

w) Colocar el macho.

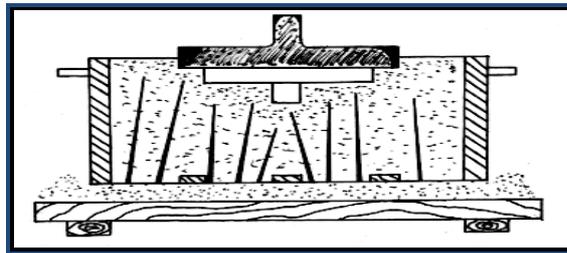


Figura 45: Macho.

x) Cerrar el molde siguiendo la guía de los pasadores.

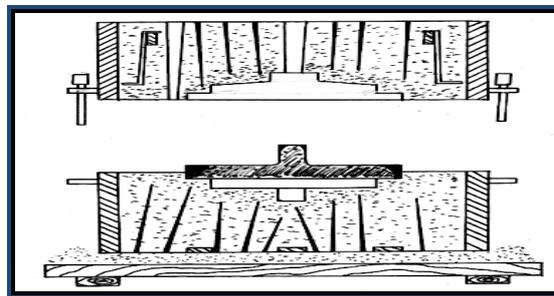


Figura 46: Sellar las cajas.

y) Asegurar el cierre perfecto y revisar los bebederos y mazarotas.

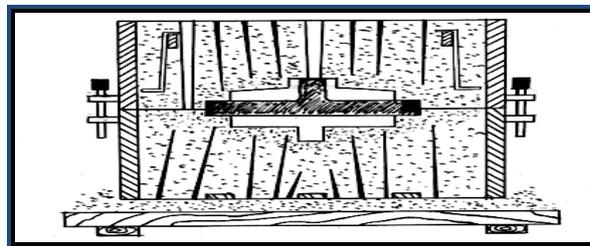


Figura 47: Molde.

z) Unir las cajas con grapas y bulones.

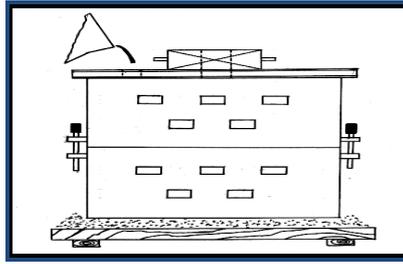


Figura 48: Sujetar la caja.

### 3.7. Máquina, equipos y accesorios empleados.<sup>22</sup>

En el moldeo a mano el moldeador utiliza distintas herramientas para manipular la arena, confeccionar, retocarlo y dejarlo en condiciones de recibir el metal fundido.

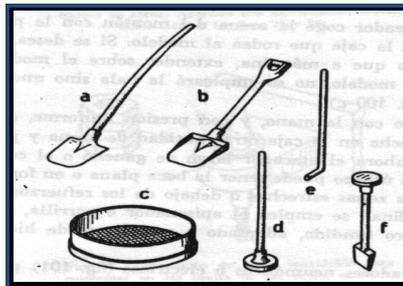


Figura 49: Herramientas para moldeo a mano.

- a,b) Palas.
- d,e,f) Pisones.
- c) Criba.

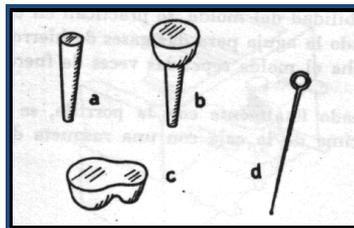


Figura 50: Herramientas para moldeo a mano.

- a,b) Bebederos.
- c) Cargadores.
- d) Agujas para dar gases.

<sup>22</sup> Tecnología del proceso de fundición/N.D: TITOV; A. STEPÁNOV/Pág. 105.

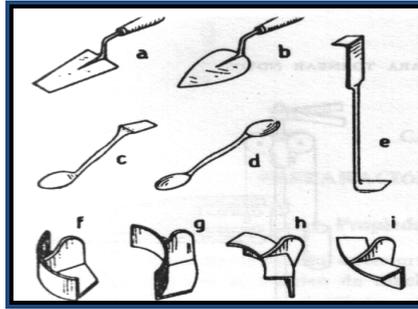


Figura 51: Herramientas para moldeo a mano.

- a,b,c,d,e,f,g,h,i) Espátulas

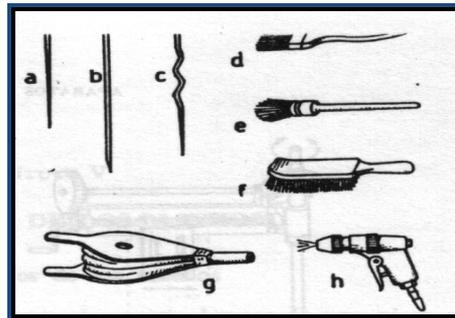


Figura 52: Herramientas para moldeo a mano.

- a,b,c,d,e) Pinceles.
- f) Cepillo.
- g) Fuelle.
- h) Soplador de aire comprimido.

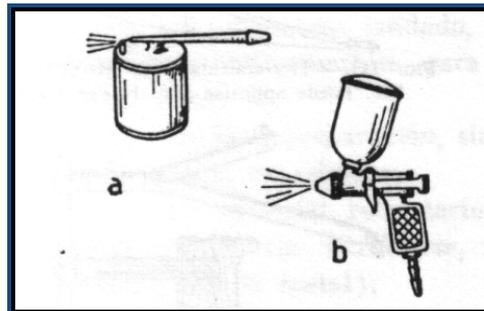


Figura 53: Herramientas para moldeo a mano.

- a,b) Pulverizadores para pintar moldes.

### 3.8. Análisis de seguridad en el Laboratorio- Taller de Fundición.

#### a) Evaluación de Riesgos en el Taller de Fundición

Tabla 3.8 Análisis de seguridad

<b>EVALUACIÓN DE RIESGOS EN EL TALLER DE FUNDICIÓN</b>	
<b>FICHA N° 1</b>	
<b>EL ÁREA DE TRABAJO</b>	
<input checked="" type="radio"/>	Espacios libres de interferencias por posible caídas en áreas de trabajo.
<input type="radio"/>	Zonas específicas de circulación para peatones y vehículos.
<input checked="" type="radio"/>	Suelos no resbaladizos, de fácil limpieza y drenaje, que eviten acumulación de agua, de aceite y otros líquidos.
<input checked="" type="radio"/>	Separación mínima entre máquinas y equipos e instalación (80 cm).
<input checked="" type="radio"/>	Visibilidad garantizada al paso de vehículos.
<input checked="" type="radio"/>	Escaleras con disposición de barandillas.
<input checked="" type="radio"/>	Altura de los techos (2,5 m en oficinas y 3 m en taller). El espacio disponible por trabajador es de 10 m <sup>3</sup> .
<input type="radio"/>	Existencia de primeros auxilios.
<b>FICHA N° 2</b>	
<b>ORDEN Y LIMPIEZA</b>	
<input type="radio"/>	Un suelo exento de materias resbaladizas y limpias.
<input type="radio"/>	Las áreas de trabajo han de estar libres de obstáculos tanto en suelo como en altura.
<input checked="" type="radio"/>	Un lugar fijo para las herramientas y materiales de trabajo.
<input type="radio"/>	Realizan limpieza fuera de las horas de trabajo.
<input checked="" type="radio"/>	En caso de realizar la limpieza en horas de trabajo, ventilar bien.
<input checked="" type="radio"/>	Programar la acumulación y eliminación de residuos o de materias primas.
<input type="radio"/>	Respetar la amplitud de los pasillos en los almacenes.
<input type="radio"/>	Realizar la limpieza periódica de las ventanas.

<b>FICHA N° 3</b>	
<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>	
<input checked="" type="radio"/>	Se emanan Gases y vapores de los Hornos.
<input type="radio"/>	Realizar mediciones de ruido y verificar periódicamente en caso de que en algunas áreas se superen los 80 dB A.
<input checked="" type="radio"/>	Disponer en todas las áreas de la empresa de ventilación general, natural o forzada.
<input checked="" type="radio"/>	Niveles de iluminación general y localizada adecuados.
<input type="radio"/>	Los focos luminosos han de disponer de elementos difusores de luz así como de protectores antideslumbrantes.
<input type="radio"/>	Sistema de concentración y captación del polvo.
<input checked="" type="radio"/>	Utilización de las señales de prohibido fumar.
<b>FICHA N° 4</b>	
<b>SEÑALIZACIÓN</b>	
<input type="radio"/>	Señalización de los equipos e instalaciones de protección contra incendios.
<input checked="" type="radio"/>	Señalar la obligatoriedad del uso de Equipos de Protección Individual (EPI's)
<input type="radio"/>	Señalizar los sentidos de circulación de vehículos.
<input type="radio"/>	Señalizar la situación de los equipos de protección contraincendios.
<input type="radio"/>	Pintar con los colores adecuados los conductos diferentes de conducción de fluidos.
<input type="radio"/>	Instalación del alumbrado de emergencia: pasillos, puertas, escaleras...
<input type="radio"/>	Señalización de la prohibición de fumar y las llamas desnudas en las zonas de pintura (cabina, preparación y áreas de mezcla.)
<input checked="" type="radio"/>	Señalización de los cuadros eléctricos con la señal de advertencia de riesgos eléctricos.
<input type="radio"/>	Señalización de las salidas de emergencia y de los caminos de evacuación.

<b>FICHA Nº 5</b>	
<b>ALMACENAMIENTO</b>	
<input checked="" type="radio"/>	Almacenamiento de materiales en lugares específicos para cada fin.
<input type="radio"/>	Incorporación de un responsable de gestión de almacén.
<input checked="" type="radio"/>	Comprobar que las cargas están bien sujetas entre sí y no ofrecen peligro de caída.
<input checked="" type="radio"/>	Que las estructuras y las bandejas sean lo suficientemente resistentes.
<input type="radio"/>	No dejar salientes o aristas en los componentes de las estanterías.
<input type="radio"/>	Procurar que la altura ofrezca condiciones de estabilidad.
<b>FICHA Nº 6</b>	
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL</b>	
<input checked="" type="radio"/>	Definir los procesos y tareas en que es necesario utilizar los equipos.
<input checked="" type="radio"/>	Controlar la entrega del material.
<input type="radio"/>	Comprobar periódicamente el uso correcto del material.
<input type="radio"/>	Disponer de calzado, guantes y gafas de seguridad.
<input type="radio"/>	Disponer de protección para las vías respiratorias.
<input checked="" type="radio"/>	Disponer de buzo, mandil o ropa de trabajo.
<input type="radio"/>	Verificar la correcta certificación de los EPI's.
<input checked="" type="radio"/>	Controlar el perfecto estado de los EPI's.
<b>FICHA Nº 7</b>	
<b>HERRAMIENTAS MANUALES Y PORTÁTILES</b>	
<input checked="" type="radio"/>	Disponer de las herramientas diseñadas específicamente para cada tarea.
<input type="radio"/>	Mantenimiento de las herramientas en buen estado de limpieza y conservación.
<input type="radio"/>	Verificar si las muelas indican el número máximo de revoluciones y garantizan la velocidad máxima periférica.
<input checked="" type="radio"/>	Almacenar en lugar seco y protegidas de los golpes.
<input checked="" type="radio"/>	Verificar si las amoladoras incorporan indicación de rpm de los ejes portamuelas.
<input type="radio"/>	Disponer de aspiración de polvo y de partículas.

<b>FICHA Nº 8</b>	
<b>RIESGOS ELÉCTRICOS</b>	
<input checked="" type="radio"/>	Existencia de una toma de masa.
<input type="radio"/>	Protecciones contra sobrecargas, cortocircuitos y contactos eléctricos indirectos.
<input checked="" type="radio"/>	Disponer de protección por doble aislamiento y transformador de seguridad para obtener 12-24 V. en las máquinas o herramientas portátiles que carezcan de puesta a tierra.
<input type="radio"/>	Aislamiento en todo el recorrido de los conductores eléctricos y los empalmes y conexiones mediante regletas, cajas o dispositivos equivalentes.
<input checked="" type="radio"/>	Los cuadros eléctricos metálicos deben estar conectados a tierra.
<b>FICHA Nº 9</b>	
<b>RIESGOS DE INCENDIO</b>	
<input checked="" type="radio"/>	Efectuar el almacenamiento de inflamables en recintos aislados dotados de ventilación natural y construida de materiales con adecuada resistencia al fuego.
<input checked="" type="radio"/>	Reducir el uso de materias inflamables en las zonas de trabajo (solo el necesario).
<input checked="" type="radio"/>	Almacenar los residuos y los trapos de limpieza usados en recipientes ignífugos provistos de cierre.
<input checked="" type="radio"/>	Prohibir fumar y mantener llamas desnudas en las zonas con riesgo de incendios.
<input type="radio"/>	Revisión periódica de los equipos de extinción.
<input type="radio"/>	Formar a los operarios en prevención y extinción de incendios.
<input type="radio"/>	Disponer de un plan de emergencia y actuación en caso de incendio o explosión.
<input checked="" type="radio"/>	Los recipientes contenedores de pintura, disolventes, etc. deben cerrarse rápidamente una vez utilizados para evitar concentración de gases por evaporación.

<b>FICHA N° 10</b>	
<b>EVACUACIÓN, RECOGIDA Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	Dispone de una planificación para la gestión de los residuos.
<input checked="" type="checkbox"/>	Almacenan fuera del lugar de trabajo.
<input type="checkbox"/>	Encargar la recogida de los aceites usados a un gestor autorizado.
<input checked="" type="checkbox"/>	Disponen de un sistema de recogida en recipientes específicos, para aguas residuales y desechos.
<input checked="" type="checkbox"/>	Recoger en recipientes específicos los trapos y bidones vacíos

Fuente: Autores

### b) Señalización en el Taller de Fundición



Figura 54: Diferentes fotos sobre la Señalización existente en el Laboratorio de Fundición.

### 3.9. Análisis de Distribución del Laboratorio.

#### a) Diagrama de proceso

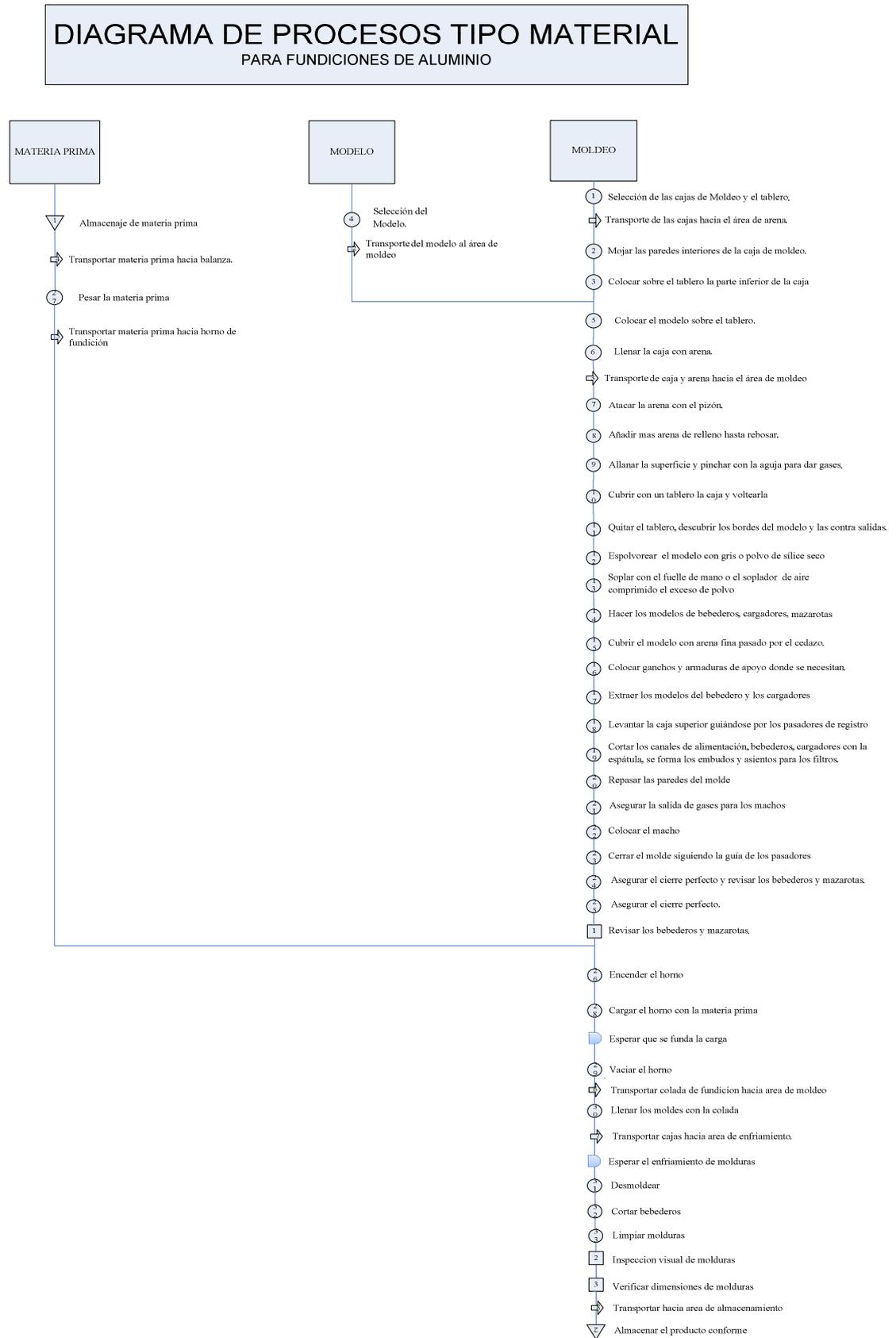


Figura 55:

Diagrama de procesos, Fuente Autores

**b) Plano de distribución del Laboratorio**

**ANEXO 1**

**c) Diagrama de recorrido materia prima**

**ANEXO 2**

**d) Diagrama de recorrido modelo**

**ANEXO 3**

**e) Diagrama de recorrido moldeo**

**ANEXO 4**

## CAPITULO IV

### **4. PROPUESTA DEL PLAN PARA ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LAS FUNDICIONES DE ALUMINIO BASADO EN LOS PROCEDIMIENTOS DE MOLDEO.**

#### **4.1. Elaboración De Un Mapa De Procesos.**

Uno de los principios de Gestión de la Calidad que implican mayores cambios respecto a la clásica “configuración “de los sistemas de aseguramiento de la calidad (según la versión ISO 9000 de 1994) es el principio de Gestión Basada en Procesos. Este principio sostiene que “un resultado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos se gestionan como un proceso”.

Según la norma ISO 9000:2005 un proceso es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados. El hecho de considerar las actividades agrupadas entre sí constituyendo procesos, permite a una organización centrar su atención sobre áreas de resultados (ya que los procesos deben obtener resultados) que son importantes conocer y analizar para el control del conjunto de actividades y para conducir a la organización hacia la obtención de los resultados deseados.

Este enfoque conduce a una organización hacia una serie de adecuaciones tales como:

- Definir de manera sistemática las actividades que componen el proceso.
- Identificar la interrelación con otros procesos.
- Definir las responsabilidades respecto al proceso.
- Analizar y medir los resultados de la capacidad y eficacia del proceso.
- Centrarse en los recursos y métodos que permiten la mejora del proceso.

Dado que las necesidades y las expectativas del cliente son cambiantes, debido a las presiones competitivas en busca de la excelencia académica y los avances tecnológicos, las organizaciones deben mejorar continuamente sus productos y procesos.

La aplicación de un plan de aseguramiento de la Calidad en el LABORATORIO DE FUNDICIÓN proporciona el marco de referencia para la mejora continua con el objeto de incrementar la probabilidad de aumentar la satisfacción del cliente y otras partes interesadas. Además proporciona confianza tanto a la organización como a sus clientes, de su capacidad para proporcionar productos que satisfagan los requisitos de forma coherente. Los resultados deseados se alcanzan más eficazmente cuando los recursos y las actividades relacionadas se gestionan como un proceso.

De manera adicional, puede aplicarse a todos los procesos la metodología conocida como: **PDCA. (Plan, Do, Check, Act).**

#### **PLAN (Planificar)**

- Establecer los objetivos y procesos necesarios para obtener los resultados de acuerdo con el resultado esperado.
- Al tomar como foco el resultado esperado, difiere de otras técnicas en las que el logro o la precisión de la especificación es también parte de la mejora.

#### **DO (Hacer)**

- Implementar los nuevos procesos. Si es posible, en una pequeña escala.

#### **CHECK (Verificar)**

- Pasado un periodo de tiempo previsto de antemano, volver a recopilar datos de control y analizarlos, comparándolos con los objetivos y especificaciones iniciales, para evaluar si se ha producido la mejora esperada

- Documentar las conclusiones.

### ACT (Actuar)

- Modificar los procesos según las conclusiones del paso anterior para alcanzar los objetivos con las especificaciones iniciales, si fuese necesario.
- Aplicar nuevas mejoras, si se han detectado errores en el paso anterior.
- Documentar el proceso.

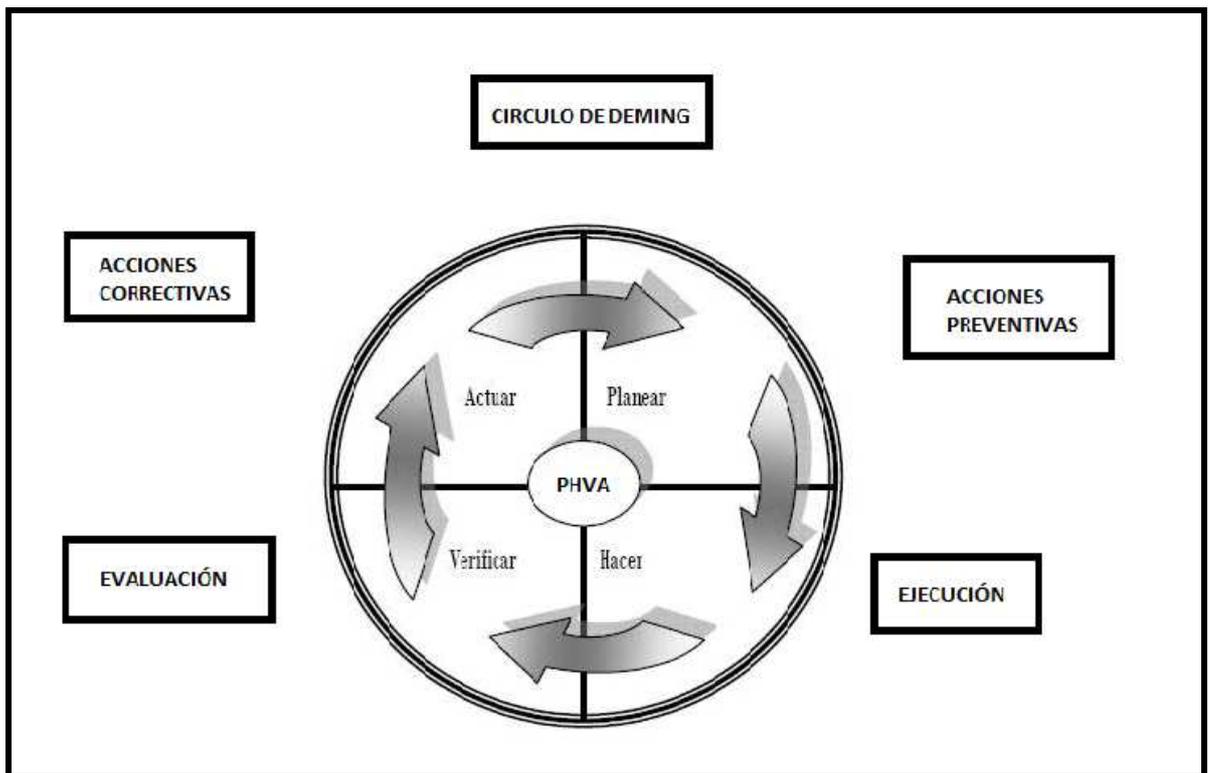


Figura 56: Círculo de Deming.



## 4.2. Elaboración del Manual de Calidad.

### ANEXO 5

## 4.3. Levantamiento de Procedimientos.

### a) Nomenclatura para códigos de la documentación.-

La documentación para implantar un Plan de Aseguramiento de la Calidad en el Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica debe estar codificada cuyo formato es: (XX-XXX-000). Que tiene el contenido siguiente:

- AA: Indica el tipo de documento.
- BBB: Indica las Iniciales de cada proceso.
- 000: Indica el número de documento en forma secuencial.

Tabla 4.3 Nomenclatura para Códigos de la Documentación

DEFINICIÓN	SIGLAS
PLANIFICACIÓN DIRECTIVA	PD-XXX-000
REVISIÓN DIRECTIVA	RD-XXX-000
PROCESOS OPERATIVOS	PO-XXX-000
PROCEDIMIENTO	XX-PXX-000
INSTRUCTIVO	XX-IXX-000
REGISTRO	XX-RXX-000
CONTROL DE CALIDAD	CC-XXX-000
PROCESOS DE APOYO	PA-XXX-000
NUMERACIÓN	XX-XXX-001

Fuente: Autores.

Ejemplo:

Proceso	Código	Nombre del Documento
Planificación Directiva	PD-PPR-001	Plan de Prácticas

### b) Encabezado de la documentación.-

Todos los procedimientos, instructivos, registros, planes, Manual de Calidad, elaborados dentro del aseguramiento de calidad del taller de fundición deberán contener el siguiente encabezado.

	TÍTULO DEL DOCUMENTO	Código:	XX-XXX-000
		Versión:	00
		Página:	0 de 0
Elaborado por:	Aprobado por:	Fecha Apr:	

- Logotipo del taller de Fundición.
- Título del documento
- Código del documento
- Versión del documento
- Número de páginas
- Responsable de Elaboración.
- Responsable de Aprobación.
- Fecha de Aprobación.

Con el fin de realizar el levantamiento de procedimientos, vamos a tomar como punto de partida el mapa de procesos, generalmente se debe partir de él para determinar por área los diagramas internos que constituye la organización, en el caso de el taller de Fundición la metodología implementada para la elaboración de procedimientos se enfoca en:

- El tipo de actividad.
- Desarrollo de los procesos.
- La correcta aplicación de los procedimientos de moldeo.
- Aseguramiento de la calidad en las fundiciones.

Para el levantamiento de procedimientos se ha realizado los siguientes pasos.

1. Determinar los procesos necesarios para elaborar fundiciones en aluminio de alta calidad.
2. Identificar cada procedimiento.
3. Desarrollar un formato que sea aplicable para el desarrollo del aseguramiento de la calidad.
4. Realizar y someter a revisión los procedimientos para su análisis y aprobación.
5. Recopilar sugerencias o comentarios del personal que trabaja en el taller de fundición con el fin de conocer los inconvenientes existentes.
6. Analizar las sugerencias o comentarios para la elaboración del procedimiento definitivo de cada proceso.

### 4.3.1. Procedimiento de revisión

	<b>PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN</b>	<b>Código:</b>	PD-CXX- 001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.		<b>Aprobado por:</b> Ing: José Pérez	<b>Fecha Apr:</b>

#### 1. OBJETIVO

Revisar el Plan de Aseguramiento de Calidad a fin de garantizar su cumplimiento, implementación y mejora continua.

#### 2. ALCANCE

Contempla en un inicio planificar la revisión y finaliza con la generación de planes.

#### 3. RESPONSABLES

Director de Tesis

Asesor de Tesis

Estudiantes

#### 4. DEFINICIONES

- **Manual de la calidad.-** Documento que especifica el sistema de gestión de la calidad de una organización.
- **Plan.-** Documento que especifica qué procedimientos y recursos asociados deben aplicarse, quién debe aplicarlos y cuándo deben aplicarse a un proyecto, producto, proceso o contrato específico.
- **Aseguramiento de la calidad** parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de la calidad.

#### 5. REFERENCIAS

Norma ISO 9001-2000.- Sistema de Gestión de la calidad. Requisitos

#### 6. REGISTROS Y DOCUMENTOS

- Revisión Plan de Prácticas PD-CPR-001
- Revisión Plan de Seguridad PD-CSE-001
- Revisión Plan de Capacitación PD-CCA-001

## 7. PROCEDIMIENTO.

Tabla 4.3.1 Procedimiento de revisión.

Actividad	Descripción	Responsable
INICIO		
Presentar Documentación	Se presenta ante el Director la documentación con el fin de que se realice la Revisión. Documentos (PD-PPR-001 ; PD-PSE-001 ; PD-PCA-001 )	Profesor Estudiantes
Convocar a Reunión	Se convoca a reunión a todos quienes están inmersos dentro del Aseguramiento de Calidad	Director
Revisión de Documentación	Se revisara la documentación presentada y se analizara si cumple con las expectativas planteadas	Director Profesor Ayudante de Taller
Informe de Revisión	En caso de existir modificaciones, se notificara mediante la realización de un informe, para tomar acciones correctivas	Director Profesor Ayudante de Taller
FIN	Ya con el documento aprobado se da paso al siguiente proceso.	Director Profesor

Fuente: Autores

### 4.3.2. Procedimiento de Compras.

	<b>PROCEDIMIENTO DE COMPRAS</b>	<b>Código:</b>	PA-PDC-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b>	Caiza G. Guzmán F.	<b>Aprobado por:</b>	Ing: José Pérez
		<b>Fecha Apr:</b>	

#### 1. OBJETIVO

Desarrollar un plan efectivo para adquisición de materiales empleados en las fundiciones dentro del taller de fundición.

#### 2. ALCANCE

Inicia con el cálculo de los requerimientos necesarios para el proceso y finaliza con la compra de los mismos.

#### 3. RESPONSABLES

Profesor

Estudiantes

#### 4. DEFINICIONES

**Plan.-** Documento que especifica qué procedimientos y recursos asociados deben aplicarse, quién debe aplicarlos y cuándo deben aplicarse a un proyecto, producto, proceso o contrato específico.

#### 5. REFERENCIAS

Cálculos efectuados para conocer la cantidad de Aluminio que se necesitara dentro de la práctica.

#### 6. REGISTROS Y DOCUMENTOS

Revisión Plan de Prácticas

PD-CPR-001

Registro para el Cálculo de la Carga

PO-RCC-001

## 7. PROCEDIMIENTO.

Tabla 4.3.2 Procedimiento de Compras.

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>
INICIO		
Materia Prima y Maetriaes	Cálculo de toda la Materia Prima y Materiales a utilizar en la Fundición	Profesor Estudiantes
Proveedores	Análisis de los posibles Proveedores	Profesor Estudiantes
Costos	Análisis de los costos de Materia Prima y Materiales.	Profesor Estudiantes
Compra	Se realiza la Compra de lo requerido.	Profesor Estudiantes
FIN		

Fuente: Autores

### 4.3.3. Análisis de la composición de la chatarra a utilizarse.

	PROCEDIMIENTO ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DE LA CHATARRA A UTILIZARSE	<b>Código:</b>	PO-ACH-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.		<b>Aprobado por:</b> Ing: José Pérez	<b>Fecha Apr:</b>

#### 1. OBJETIVO

Elaborar el procedimiento para el análisis de la composición de la chatarra a utilizarse.

#### 2. ALCANCE

Abarca el desarrollo de un análisis que determinará los componentes de la chatarra que se utilizará en la fundición.

#### 3. RESPONSABLES

Profesor.

Ayudante.

Estudiantes.

#### 4. DEFINICIONES

**Chatarra:** Es el conjunto de trozos de metal de desecho que pueden ser reutilizados.

#### 5. REFERENCIAS

Para la realización de un análisis en el que definiremos el tipo de chatarra que vamos a utilizar, consideraremos la disponibilidad de aluminio en la ciudad de Riobamba, teniendo en cuenta los lugares donde se expende.

#### 6. REGISTROS Y DOCUMENTOS

Plan de Prácticas

PD-PPR-001

## 7. PROCEDIMIENTO.

Tabla 4.3.3 Análisis de la composición de la chatarra a utilizarse.

Actividad	Descripción	Responsable
INICIO		
Determinar el tipo de Aleación de Aluminio	Determinar el tipo de Aleación de Aluminio que se va a fundir.	Profesor Asistente Estudiantes
Conocer sus componentes	Una vez determinado el tipo de Aleación a fundir se determinaran los componentes detallados en la tabla 17	Profesor Asistente Estudiantes
Conocer el porcentaje de sus Impurezas	Determinar el porcentaje de Impurezas presentes en la fundición. Tabla 17.	Profesor Asistente Estudiantes
Determinar sus propiedades Mecánicas	Determinar las propiedades mecánicas de la fundición. Tabla 18.	Profesor Asistente Estudiantes
FIN		

Fuente: Autores

#### 4.3.4. Cálculo de la Carga.

	PROCEDIMIENTO CÁLCULO DE LA CARGA	<b>Código:</b>	PO-PCC-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b>	Caiza G. Guzmán F.	<b>Aprobado por:</b>	Ing: José Pérez
		<b>Fecha Apr:</b>	

#### 1. OBJETIVO

Realizar el procedimiento para el Cálculo de la Carga a utilizarse en la fundición de Aluminio.

#### 2. ALCANCE.

Determina la cantidad en porcentajes de los componentes de la carga.

#### 3. RESPONSABLES

Profesor.

Estudiantes.

#### 4. DEFINICIONES

**Carga:** Son todos los componentes que entran a formar parte del proceso de fusión de la Aleación de Aluminio.

#### 5. REFERENCIAS

Se realizará el cálculo de la carga basándose en el libro de N. D. TITOV, STEPÁNOV.

#### 6. REGISTROS Y DOCUMENTOS

Instructivo para el Cálculo de la Carga

PO-ICC-001

## 7. PROCEDIMIENTO.

### 4.3.4 Cálculo de la Carga.

Actividad	Descripción	Responsable
INICIO		
Materiales Primarios - Desechos	Se determina los porcentajes de Desechos y Materiales primarios que conformaran la carga.	Profesor Estudiantes
% de Quemado del Aluminio	Se determina el porcentaje de quemado del Aluminio en Hornos de crisol. (0,5% - 1%)	Estudiantes
% de Quemado de Elementos Aleantes	Se determina el porcentaje de quemado de los Elementos Aleantes presentes en los desechos Tabla 20.	Profesor Estudiantes
FIN		

Fuente: Autores

#### 4.3.5. Selección de arenas.

	PROCEDIMIENTO PARA SELECCIÓN DE ARENAS	<b>Código:</b>	PO-PSA-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.		<b>Aprobado por:</b> Ing. José Pérez	<b>Fecha Apr:</b>

### 1. OBJETIVO

Elaborar el procedimiento para Selección de Arenas a utilizarse en el procedimiento de moldeo de fundiciones de Aluminio.

### 2. ALCANCE.

Determina el tipo de arena a utilizarse en el procedimiento de moldeo.

### 3. RESPONSABLES

Profesor.

Ayudante.

Estudiantes.

### 4. DEFINICIONES

**Arenas de Moldeo.** Son rocas sedimentarias, creadas como resultado de una sucesiva separación de sustancias minerales, se extraen de canteras especiales.

### 5. REFERENCIAS

Se realizará la selección de arenas de moldeo basándose en el libro de N. D. TITOV, STEPÁNOV.

### 6. REGISTROS Y DOCUMENTOS

Instructivo para Selección de Arenas

PO-ISA-001

## 7. PROCEDIMIENTO.

Tabla 4.3.5 Selección de arenas.

Actividad	Descripción	Responsable
INICIO		
Arena para Moldeo	Se determina el tipo de arena para moldeo en molduras de Aluminio.	Profesor Ayudante Estudiantes
Arena para Relleno	Se determina el tipo de arena para relleno en molduras de Aluminio.	Profesor Ayudante Estudiantes
Propiedades de las Arenas	Se establece las propiedades de las arenas, Tabla 21.	Profesor Estudiantes
Mezclas de moldeo para molduras	Composición y propiedades de las mezclas de moldeo para molduras. Tabla 22.	Profesor Estudiantes
Mezclas de moldeo para machos	Composición y propiedades de las mezclas de moldeo para machos Tabla 23.	Profesor Estudiantes
FIN		

Fuentes: Autores.

#### 4.3.6. Selección de Aglutinantes.

	PROCEDIMIENTO PARA SELECCIÓN DE AGLUTINANTES	<b>Código:</b>	PO-PSG-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.		<b>Aprobado por:</b> Ing. José Pérez	<b>Fecha Apr:</b>

#### 1. OBJETIVO

Elaborar el procedimiento para Selección de Aglutinantes que servirá para compactar de mejor forma el molde de arena.

#### 2. ALCANCE.

Determina el tipo y cantidad de aglutinantes para el molde.

#### 3. RESPONSABLES

Profesor.

Estudiantes.

#### 4. DEFINICIONES

**Aglutinantes:** Los aglutinantes se introducen en las mezclas de moldeo y para machos con el objetivo de ligar los granos de arena, y darles resistencia en estado húmedo y seco.

#### 5. REFERENCIAS

Se realizará la selección de Aglutinantes basándose en el libro de N. D. TITOV, STEPÁNOV.

#### 6. REGISTROS Y DOCUMENTOS

Instructivo para Selección de Aglutinantes

PO-ISG-001

## 7. PROCEDIMIENTO.

Tabla 4.3.6 Selección de Aglutinantes.

Actividad	Descripción	Responsable
INICIO		
Tipo de Aglutinantes	Selección del tipo de Aglutinantes a utilizarse.	Profesor Estudiantes
Propiedades de los Aglutinantes	Determinar las propiedades de los Aglutinantes.	Profesor Estudiantes
FIN		

Fuente: Autores

#### 4.3.7. Construcción de los modelos

	PROCEDIMIENTO PARA CONSTRUCCIÓN DE LOS MODELOS	<b>Código:</b>	PO-PCA-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.		<b>Aprobado por:</b> Ing: José Pérez	<b>Fecha Apr:</b>

#### 1. OBJETIVO

Realizar el procedimiento para Construcción de los Modelos.

#### 2. ALCANCE.

Construcción del modelo que servirá para la realización del molde de arena.

#### 3. RESPONSABLES

Profesor.

Ayudante.

Estudiantes.

#### 4. DEFINICIONES

**Modelo:** Es el dispositivo necesario para obtener en el molde la impresión de la futura pieza de fundición.

#### 5. REFERENCIAS

Se realizará la construcción de los modelos basándose en el libro de N. D. TITOV, STEPÁNOV.

#### 6. REGISTROS Y DOCUMENTOS

Instructivo para la Construcción de Modelos de Madera

PO-ICM-001

Instructivo para la Construcción de Modelos Metálicos

PO-ICA-001

## 7. PROCEDIMIENTO.

Tabla 4.3.7 Construcción de los modelos

Actividad	Descripción	Responsable
INICIO		
Diseño del Modelo	Realizar los Planos de Diseño para el Modelo.	Profesor Estudiantes
Material para el Modelo	Seleccionar el Material para el Modelo (Madera - Metálico).	Profesor Estudiantes
Construcción del Modelo	Se construye el modelo de Acuerdo a las especificaciones de los planos de Diseño	Profesor Estudiantes
FIN		

Fuente: Autores

#### 4.3.8. Moldeo .

	PROCEDIMIENTO PARA EL MOLDEO	<b>Código:</b>	PO-PEL-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b>	Caiza G. Guzmán F.	<b>Aprobado por:</b>	Ing: José Pérez
		<b>Fecha Apr:</b>	

#### 1. OBJETIVO

Realizar el procedimiento para la correcta aplicación del Moldeo a Mano.

#### 2. ALCANCE.

Construcción del molde.

#### 3. RESPONSABLES

Profesor.

Ayudante.

Estudiantes.

#### 4. DEFINICIONES

**Cajas de Moldeo:** Se denomina cajas de moldeo a los marcos rígidos (rectangulares, cuadrados, redondos, de forma), de fundición gris, acero o aluminio, que protegen el molde de arena contra su destrucción tanto durante el armado, como en el transporte y la colada.

**Moldeo a mano.** Se lo realiza por medio de cajas de moldeo, utilizando la arena de moldeo, este se lo realiza para pequeños lotes de fundición en talleres pequeños.

#### 5. REFERENCIAS

Se realizará los moldes basándose en el libro de N. D. TITOV, STEPÁNOV.

#### 6. REGISTROS Y DOCUMENTOS

Instructivo para la Elaboración de Moldes	PO-IEL-001
Instructivo para el Cálculo de Bebederos	PO-IKB-001
Instructivo de Herramientas para el Moldeo	PO-IHM-001

## 7. PROCEDIMIENTO.

Tabla 4.3.8 Procedimiento para el Moldeo

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>
INICIO		
Herramientas de Moldeo	Seleccionar las herramientas de Moldeo.	Profesor Ayudante Estudiantes
Arenas de Moldeo	Transporte de la Arena de moldeo.	Profesor Ayudante Estudiantes
Caja para Moldes	Escoger la caja para el Moldeo	Profesor Ayudante Estudiantes
Modelo	Escoger el Modelo y colocarlo en la caja	Profesor Ayudante Estudiantes
Moldeo a Mano	Llenar la caja con la arena de Moldeo	Profesor Ayudante Estudiantes
Bebederos	Se instala el Sistema de Bebederos	Profesor Ayudante Estudiantes
Cajas	Se sella las cajas una vez que el moldeo está listo.	Profesor Ayudante Estudiantes
FIN		

Fuente: Autores

### 4.3.9. Desmoldeo.

	PROCEDIMIENTO PARA EL DESMOLDEO	<b>Código:</b>	PO-PDS-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b>	Caiza G. Guzmán F.	<b>Aprobado por:</b>	Ing: José Pérez
		<b>Fecha Apr:</b>	

#### 1. OBJETIVO

Realizar el levantamiento del procedimiento de Desmoldeo.

#### 2. ALCANCE.

Desmoldeo de las molduras construidas.

#### 3. RESPONSABLES

Ayudante.

Estudiantes.

#### 4. DEFINICIONES

**Desmoldeo:** El Desmoldeo consiste en Extraer de la caja de moldeo la moldura una vez que esta se ha enfriado completamente y alcanza la temperatura ambiente.

#### 5. REFERENCIAS

Se realizará el Desmoldeo basándose en el libro de N. D. TITOV, STEPÁNOV.

#### 6. REGISTROS Y DOCUMENTOS

Instructivo para el Desmoldeo

PO-IDS-001

Instructivo para el corte de Bebederos

PO-ICB-001

## 7. PROCEDIMIENTO.

Tabla 4.3.9 Procedimiento para el Desmoldeo

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>
INICIO		
Enfriamiento de Molduras	Verificar que la moldura esté a temperatura ambiente.	Profesor Ayudante Estudiantes
Separación de las cajas	Separar las cajas de moldeo.	Profesor Ayudante Estudiantes
Extracción de la Moldura	Se extrae la moldura del Molde.	Profesor Ayudante Estudiantes
Corte de Bebederos	Se procede a cortar los bebederos teniendo cuidado de no dañar la moldura.	Profesor Ayudante Estudiantes
Limpieza de la Moldura	Con la ayuda de cepillos, brochas o de un compresor se realiza la limpieza de la moldura.	Profesor Ayudante Estudiantes
FIN		

Fuente: Autores

#### 4.3.10. Control de Producción.

	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE PRODUCCIÓN	<b>Código:</b>	CC-PCP-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b>	Caiza G. Guzmán F.	<b>Aprobado por:</b>	Ing: José Pérez
		<b>Fecha Apr:</b>	

#### 1. OBJETIVO

Realizar el levantamiento del procedimiento de Control de Producción.

#### 2. ALCANCE.

Cantidad de molduras elaboradas en proceso de Fundición.

#### 3. RESPONSABLES

Profesor

Ayudante.

Estudiantes.

#### 4. DEFINICIONES

**Control de Producción:** Acción de dirigir o regular el movimiento metódico de los materiales por todo el ciclo de fabricación, desde la requisición de materias primas, hasta la entrega del producto terminado y Se refiere esencialmente a la cantidad de fabricación de artículos.

#### 5. REFERENCIAS

Se realizará el Desmoldeo en base al libro de N. D. TITOV, STEPÁNOV.

#### 6. REGISTROS Y DOCUMENTOS.

Registro de Control de Producción

CP-RCP-001

## 7. PROCEDIMIENTO.

Tabla 4.3.10 Procedimiento para el Control de Producción

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>
INICIO		
Materia Prima	Controlar que la Materia Prima cumpla con los requerimientos.	Profesor Ayudante Estudiantes
Procedimiento de moldeo	Verificar que se aplique un correcto procedimiento de Moldeo	Profesor Ayudante Estudiantes
Encendido del horno	Tomar todas las medidas preventivas necesarias para encender el Horno de Crisol.	Profesor Ayudante Estudiantes
Carga al Horno	Controlar la Carga que se realiza al Horno.	Profesor Ayudante Estudiantes
Vaciado de la colada	Tomar medidas preventivas al vaciar la colada.	Profesor Ayudante Estudiantes
Desmoldeo y Corte de Bebederos	Vigilar que no se dañe las molduras al realizar la extracción y al cortar los bebederos.	Profesor Ayudante Estudiantes
FIN		

Fuente: Autores.

#### 4.3.11. Control de Calidad.

	PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CALIDAD	<b>Código:</b>	CC-PCC-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b>	Caiza G. Guzmán F.	<b>Aprobado:</b>	Ing: José Pérez
		<b>Fecha Apr:</b>	

#### 1. OBJETIVO

Realizar el levantamiento del procedimiento de Control de Calidad.

#### 2. ALCANCE.

Control de Dimensiones, Acabados y Realización de Pruebas.

#### 3. RESPONSABLES

Profesor

Ayudante.

Estudiantes.

#### 4. DEFINICIONES

**Control de Calidad.** Parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad.

**Mejora continua** actividad recurrente para aumentar la capacidad para cumplir los requisitos.

**Calidad** grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

#### 5. REFERENCIAS

Se realizará el Desmoldeo basándose en el libro de N. D. TITOV, STEPÁNOV.

#### 6. REGISTROS Y DOCUMENTOS.

Instructivo para la Construcción de Modelos	PO-ICA-001
Instructivo para el Control de Calidad.	CC-ICC-001
Instructivo para Realización de Ensayos	CC-IRE-001
Instructivo Hoja de Control.	CC-IHC-001
Instructivo Histograma.	CC-IHI-001

Instructivo Diagrama Causa efecto.

CC-ICE-001

Instructivo Diagrama de Pareto.

C-IDP-001

## 7. PROCEDIMIENTO.

Tabla 4.3.11 Procedimiento para el Control de la Calidad.

Actividad	Descripción	Responsable
INICIO		
Dimensiones	Se realiza el Control de las Dimensiones tomando como referencia las dimensiones de construcción del Modelo.	Profesor Ayudante Estudiantes
Acabados	Verificar la alta calidad de los acabados	Profesor Ayudante Estudiantes
Ensayos	Se realizaran pruebas Mecánicas.	Profesor Ayudante Estudiantes
Hoja de control	Elaborar una Hoja de Control con los datos Obtenidos	Profesor Ayudante Estudiantes
Histograma	Elaborar una Histograma con los datos Obtenidos	Profesor Ayudante Estudiantes
Diagrama Causa Efecto	Desarrollo de un Diagrama Causa Efecto.	Profesor Ayudante Estudiantes
Diagrama de Pareto	Desarrollo de un Diagrama de Pareto.	Profesor Ayudante Estudiantes
FIN		

Fuente: Autores.

#### 4.3.12. Procedimiento Producto no Conforme.

	PROCEDIMIENTO PARA PRODUCTO NO CONFORME.	<b>Código:</b>	CC-PNC-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b>	Caiza G. Guzmán F.	<b>Aprobado por:</b>	Ing. José Pérez
		<b>Fecha Apr:</b>	

#### 1. OBJETIVO

Realizar el levantamiento del procedimiento de Control de Calidad.

#### 2. ALCANCE.

Control de Dimensiones, Acabados y Realización de Pruebas.

#### 3. RESPONSABLES

Profesor

Ayudante.

Estudiantes.

#### 4. DEFINICIONES

**Control de Calidad.** Parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad.

**Mejora continua** actividad recurrente para aumentar la capacidad para cumplir los requisitos.

**Calidad** grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

#### 5. REFERENCIAS

Se realizará el Desmoldeo basándose en el libro de N. D. TITOV, STEPÁNOV.

#### 6. REGISTROS Y DOCUMENTOS.

Registro Hoja de Control	CC-RHC-001
Registro Diagrama de Pareto	CC-RDP-001
Registro Histograma	CC-RHI-001

Registro de Producto no Conforme

CC-RPC-001

Registro de Ensayos Mecánicos

CC-REM-001

**7. PROCEDIMIENTO.**

Tabla 4.3.12 Procedimiento Producto no Conforme.

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>
INICIO		
Hoja de Control	Verificar los resultados de la hoja de control	Estudiantes
Histograma	Verificar los resultados del Histograma	Estudiantes
Diagrama de Pareto	Verificar los resultados del Diagrama de Pareto	Estudiantes
Ensayos Mecánicos	Revisar el registro de ensayos Mecánicos	Estudiantes
Registro	Elaborar el registro para detallar los Productos no Conformes	Estudiantes
FIN		

Fuente: Autores.

#### 4.4. Instructivos de trabajo.

##### 4.4.1. Elaboración de Diagrama de Procesos.

	<b>DIAGRAMA DE PROCESOS</b>	<b>Código:</b>	CC-PNC-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.		<b>Aprobado por:</b> Ing: José Pérez	<b>Fecha Apr:</b>

1. **Objetivo.-** Determinar el método para la elaboración de un Diagrama de procesos.

#### 2. Descripción de las Actividades.

Encabezado del Documento que deberá contener:

- Logotipo
- Título del Documento
- Quien lo elabora
- Quien lo Aprueba
- Código
- Versión
- Número de Páginas
- Fecha.

Cuerpo:

- Distancia (m).
- Tiempo (s).
- # de Operarios.
- Tipo de Actividad.- Para detallar el tipo de Actividad se utilizará los siguientes símbolos:

Tabla 4.4.1(a) Símbolos para el diagrama de procesos.

Símbolo	Nombre	Descripción
	Operación	Se utilizará cuando se ejecute alguna acción
	Transporte	Al momento de q exista un movimiento de la materia prima
	Almacenaje	Cuando se identifique las bodegas de almacenamiento de materia prima o Productos terminados.
	Demora	Cuando en el proceso se requiera tiempos de espera.
	Inspección	Para realizar control de Calidad.

Fuente: Autores

### 3. Diagrama.

Tabla 4.4.1 (b) Diagrama de procesos.

		<b>DIAGRAMA DE PROCESO</b>					<b>Código:</b>	CP-DDP-001
							<b>Versión:</b>	
							<b>Página:</b>	
<b>Elaborado por:</b>		Caiza G. Guzmán F.	<b>Aprobado por:</b>		Ing. José Pérez	<b>Fecha Apr:</b>		
Distancia (m)	Tiempo (min)	Numero de Operarios	Símbolos del Diagrama				Descripción del Proceso	
								
								
								
								

Fuente: Autores

#### 4.4.2. Instructivo para análisis de la composición de la chatarra.

	COMPOSICIÓN DE LA CHATARRA	Código:	PO-ICH-001
		Versión:	00
		Página:	000
Elaborado por: Caiza G. Guzmán F.	Aprobado por: Ing. José Pérez	Fecha Apr:	

**1. Objetivo.-** Elaborar el Instructivo para el Análisis de Composición de la Chatarra.

#### 2. Descripción de las Actividades.-

- Determinar el tipo de Aleación de Aluminio que se va a fundir. En concordancia con la composición química y las propiedades se distinguen cinco grupos de aleaciones de aluminio de Fundería.
  - Grupo N°1.- Aleaciones de Aluminio con un contenido  $> 4\%$  de Mg.
  - Grupo N°2.- Aleaciones de Aluminio con Silicio, con un contenido de  $> 5\%$  de Si.
  - Grupo N°3.- Aleaciones de Aluminio con cobre, con un contenido mayor al  $4\%$  de Cu.
  - Grupo N°4.- Aleaciones a base del sistema Aluminio-Silicio-Cobre con adición de  $0,2\%-0,8\text{Mg}$  y  $0,2-0,9\%$  de Mn.
  - Grupo N°5.- Aleaciones de de Si, Zn, Ni, Mg, Mn, estas aleaciones poseen una gran densidad y buenas propiedades mecánicas.
- Una vez determinado el tipo de Aleación a fundir se determinaran los componentes detallados en la tabla 25.
- Determinar el porcentaje de Impurezas presentes en la fundición.

Tabla 4.4.2 (a) Componentes que se presentan con el Aluminio<sup>23</sup>

Marca	Componentes básicos (el resto Al)				Impurezas, no más de			
	Mg	Si	Mn	Cu	A	C	P	Total de impurezas consideradas
AL8	9,5—11,5	—	—	—	0,3	0,3	—	1,3
AL13	4,4—5,5	0,8—1,3	0,1—0,4	—	0,5	0,5	1,5	0,7—1,9
AL2	—	10,0—13,0	—	—	0,8	1,0	1,5	2,2—2,8
AL4	0,17—0,3	8,0—10,5	0,2—0,5	—	0,6	0,9	1,0	1,2—2,6
AL9	0,2—0,4	6,0—8,0	—	—	0,6	1,0	1,5	1,2—2,1
AL7	—	—	—	4,0—5,0	1,0	1,0	—	2,2
AL3V	0,2—0,8	4,0—6,0	0,2—0,8	1,5—3,5	1,0	1,2	1,5	1,3—1,8

*Observación.* A—colada en moldes de arena; C—en coquilla; P—a presión

Tabla 4.4.2 (b) Propiedades mecánicas del Aluminio<sup>24</sup>

Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio de fundería									
Marca	Procedimiento de colada <sup>1</sup>	Tratamiento térmico					Propiedades mecánicas		
		Temple			Envejecimiento <sup>2</sup>		Resistencia a la tracción MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	Alargamiento relativo, %	HB
		Temperatura de calentamiento, °C	Duración, h	Temperatura del agua de refrigeración °C	Temperatura de calentamiento, °C	Duración, h			
AL8	A	435	15—20	20—80	—	—	275 (28)	9	60
AL13	A, C, P	—	—	—	—	—	147 (15)	1	55
AL2	A, C, P	—	—	—	—	—	147 (15)	4	50
	P	—	—	—	—	—	157 (16)	2	50
AL4	A	535	2—6	50—100	175	15	226 (23)	3	65
	C	—	—	—	—	—	—	—	70
AL9	A	535	12	50—100	—	—	177 (18)	4	50
	C	535	12	—	150	1—3	197 (20)	2	50
	P	—	—	—	—	—	147 (15)	1	50
AL7	A	515	10—15	50—100	—	—	197 (20)	6	60
	C	—	—	—	150	2—4	218 (22)	3	70

1. Designaciones véase la tabla 59  
2. Medio refrigerante—agua

<sup>23</sup> Tecnología del proceso de fundición/N.D: TITOV; A. STEPÁNOV/Pág. 391<sup>24</sup> Tecnología del proceso de fundición/N.D: TITOV; A. STEPÁNOV/Pág. 391

#### 4.4.3. Instructivo para el cálculo de la carga.

	<b>CÁLCULO DE LA CARGA</b>	<b>Código:</b>	PO-ICC-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b>	Caiza G. Guzmán F.	<b>Aprobado por:</b>	Ing: José Pérez
		<b>Fecha Apr:</b>	

**1.- Objetivo.-** Realizar el Instructivo para el Análisis de Composición de la Chatarra.

#### **2.- Descripción de las Actividades.-**

- Se determina los porcentajes de Desechos y Materiales primarios que conformaran la carga.

Generalmente la carga se compone de 70% de desechos o chatarra (desperdicios refundidos, molduras defectuosas, respiraderos, bebederos, etc.), y un 30% de materiales primarios: panes de aluminio, si-aluminio y metales que se introducen directamente a la masa fundida (magnesio, zinc, y otros metales fusibles que se oxidan intensivamente).

En la carga pueden añadirse también aleaciones secundarias en panes en una cantidad de 5 – 10%.

- Se determina el porcentaje de quemado del Aluminio en Hornos de crisol.

El cálculo de la carga se realiza teniendo en cuenta el porcentaje de quemado de los componentes de la aleación. La magnitud del quemado depende de la oxidación de los desechos, el tipo de aluminio, la duración de la fusión.

Tabla 4.4.3 (a) Porcentaje de quemado del Aluminio.

<b>Aleación</b>	<b>% Quemado en Hornos de Crisol</b>
Aluminio	0.5 - 1

- Se determina el porcentaje de quemado de los Elementos Aleantes que presentes en los desechos.

Tabla 4.4.3 (b) Porcentaje de quemado de las aleaciones.

Aleación	% Quemado en Hornos de Crisol
Silicio	0.5 – 1
Magnesio	2 - 3
Cobre	0.5 – 1.5

Los productos de quemado de los componentes de la aleación son los óxidos. Al cristalizarse las molduras los óxidos se disponen entre dendritas y por los límites de los granos y contribuyen a la reducción de la plasticidad y al aumento de la fragilidad de las molduras. Por esta razón en la carga el porcentaje de óxido debe ser el mínimo.

#### Ejercicio tipo:

Realizamos el cálculo para 100 kg de Aleación de aluminio-cobre teniendo en cuenta que la carga se compone de 5% de cobre. Hallamos la composición química de la aleación teniendo en cuenta el quemado adoptado de los elementos:

Cobre:

$$\frac{\% \text{ cobre} * \% \text{ de quemado del cobre}}{100} + \% \text{ cobre} = \%$$

$$\frac{5 * 1}{100} + 5 = 5.05 \%$$

#### 4.4.4. Instructivo para selección de arenas.

	SELECCIÓN DE ARENAS	Código:	PO-ISA-001
		Versión:	00
		Página:	000
Elaborado por:	Caiza G. Guzmán F.	Aprobado por:	Ing: José Pérez
		Fecha Apr:	

1.- **Objetivo.-** Realizar el Instructivo para la selección de arenas.

#### 2.- Descripción de las Actividades.-

Se determina el tipo de arena para moldeo en molduras de Aluminio.

Se determina el tipo de arena para relleno en molduras de Aluminio.

Se establece las propiedades de las arenas.

Tabla 4.4.4 (a) Clasificación y composición de las Arenas<sup>25</sup>

Clasificación y composición de las arenas de moldeo, %					
Arena	Clase	Componente arcilloso	SiO <sub>2</sub> no menos de	Impurezas nocivas	
				Oxidos de metales alcalinos y alcalinotérreos, no más de	Oxidos de hierro Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> no más de
Concentrada cuarzosa	Con 1 K	≤ 0,2	98,5	0,4	0,2
	Con 2 K	≤ 0,5	98,0	0,75	0,4
	Con 3 K	≤ 1,1	97,5	1,00	0,6
Cuarzosa	1 K		97,0	1,2	0,75
	2 K		96,0	1,5	1,00
	3 K	≤ 2,0	94,0	2,0	1,50
	4 K		90,0	—	—
Magra	M	2—10	—	—	—
Semigrasa	S	10—20	—	—	—
Grasa	G	20—30	—	—	—
Muy grasa	MG	30—50	—	—	—

<sup>25</sup> Tecnología del proceso de fundición/N.D: TITOV; A. STEPÁNOV/Pág. 52 / tabla 4.

Tabla 4.4.4(b) Composición y propiedades de las mezclas de moldeo para molduras.<sup>26</sup>

Composición y propiedades de las mezclas de moldeo para molduras de aleaciones no ferrosas							
Aleaciones	Composición, % por masa				Propiedades		
	Arenas		Mezcla usada	Aditivo	Resistencia a la compresión en estado húmedo, kPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	Humedad, %	Penetrabilidad al gas, unid.
	K016A, B K02A, B	Π01 Π063					
De cobre: bronce latón	10,5 —	9 6	80,5 94	Mazut 0,5—1,5 Carbón molido 4	} 49—58,8 (0,5—0,6)	4,0—5,0	70—75
De aluminio	4,5	10,5	85	—			
De magnesio	5—10	5—10	80—90	Aditivo con contenido de flúor 4—8 ó ácido bórico 4—5	39,2—78,4 (0,4—0,8)	4,0—5,0	40—50

Tabla 4.4.4 (c) Composición y propiedades de las mezclas de moldeo y para machos.<sup>27</sup>

Mezclas para machos para molduras de fundición y acero											
Clase de macho	Composición, % en masa							Propiedades			
	Materiales básicos			Aglutinantes			Aserrín de madera	Penetrabilidad al gas, unid.	Humedad, %	Resistencia, kPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	Arena IK02A IK016	Arcilla	Mezcla usada	Clase A-1, A-2 (aceite cocido-oxol 4IV, KO	Clase B-2 (CH, CB)	Clase B-3 (hez sulfúrica)				a la compresión en estado húmedo	a la rotura en estado seco
I	100	—	—	1,5—2,5	—	—	—	130—150	1—3	2,94—5,8 (0,03—0,06)	685—980 (7—10)
II	100—97	0—3	—	2,0—3,0	—	2—3	—	100	2—4	4,9—9,8 (0,05—0,1)	490—685 (5—7)
III	100—96	0—4	0—1	—	3—6	1—3	—	100	3—4	9,8—15,7 (0,1—0,16)	342—588 (3,5—6,0)
IV	93—59	7—1	0—40	—	—	2—3	0—2	70	4—5	14,7—24,5 (0,15—0,25)	196—294 (2—3)
V	72—38	8—2	20—60	—	—	2—3	0—3	70	5—6	19,6—34,2 (0,2—0,35)	785—147 (0,8—1,5)

<sup>26</sup> Tecnología del proceso de fundición/N.D: TITOV; A. STEPÁNOV/Pág. 74 - tabla 12.<sup>27</sup> Tecnología del proceso de fundición/N.D: TITOV; A. STEPÁNOV/Pág. 78 - tabla 14

#### 4.4.5. Instructivo para la construcción de modelos.

	CONSTRUCCIÓN DE MODELOS	Código:	PO-ICM-001
		Versión:	00
		Página:	000
Elaborado por:	Caiza G. Guzmán F.	Aprobado por:	Ing: José Pérez
		Fecha Apr:	

**1.- Objetivo.-** Desarrollar el Instructivo para la construcción de modelos.

#### 2.- Descripción de las Actividades.-

- Realizar los Planos de Diseño para el Modelo.
- Seleccionar el Material para el Modelo (Madera - Metálico).
- Se construye el modelo de Acuerdo a las especificaciones de los planos de Diseño.

#### 4.4.6. Instructivos para el Moldeo.

	MOLDEO	Código:	PO-IEL-001
		Versión:	00
		Página:	000
Elaborado por:	Caiza G. Guzmán F.	Aprobado por:	Ing: José Pérez
		Fecha Apr:	

**1.- Objetivo.-** Elaborar el Instructivo para el Moldeo.

#### 2.- Descripción de las Actividades.-

- Transporte de la Arena de moldeo.
- Escoger la caja para el Moldeo.
- Humedecer las paredes interiores de la caja de moldeo.

- Seleccionar el Modelo y colocarlo en la caja.
- Cubrir el modelo de arena fina o arena para modelo
- Llenar la caja de moldeo con arena gruesa o de relleno.
- Atacar la arena con el pisón.
- Añadir más arena de relleno hasta desbordar unos centímetros de la caja
- Preparar un lecho de arena sobre la caja inferior y un tablero auxiliar sobre la misma.
- Quitar el tablero, descubrir los bordes del modelo y las contrasalidas (si las tiene).
- Espolvorear el modelo con gris o polvo de sílice seco.
- Soplar con el fuelle de mano o el soplador de aire comprimido el exceso de polvo.
- Colocar la caja superior, centrándola con los pasadores de registro.
- Se instala el Sistema de Bebederos.
- Cubrir el modelo de arena fina o arena para modelo
- Llenar la caja de moldeo con arena gruesa o de relleno.
- Atacar la arena con el pisón.
- Extraer los modelos del bebedero y los cargadores.
- Levantar la caja superior guiándose por los pasadores de registro.
- Sacar las diferentes partes del modelo.
- Repasar las paredes del molde.
- Cerrar el molde siguiendo la guía de los pasadores.
- Asegurar el cierre perfecto y revisar los bebederos y mazarotas.
- Unir las cajas con grapas y bulones

#### 4.4.6.1. Cálculo de bebederos.

	INSTRUCTIVO PARA EL CÁLCULO DE BEBEDEROS.	Código:	PO-IEL-001
		Versión:	00
		Página:	000
Elaborado por:	Caiza G. Guzmán F.	Aprobado por:	Ing: José Pérez
		Fecha Apr:	

1.- **Objetivo.-** Elaborar el Instructivo para el cálculo de bebederos.

#### 2.- Descripción de las Actividades.-

El área de la sección del canal vertical para las molduras de aleaciones de aluminio se determina por el monograma siguiente.

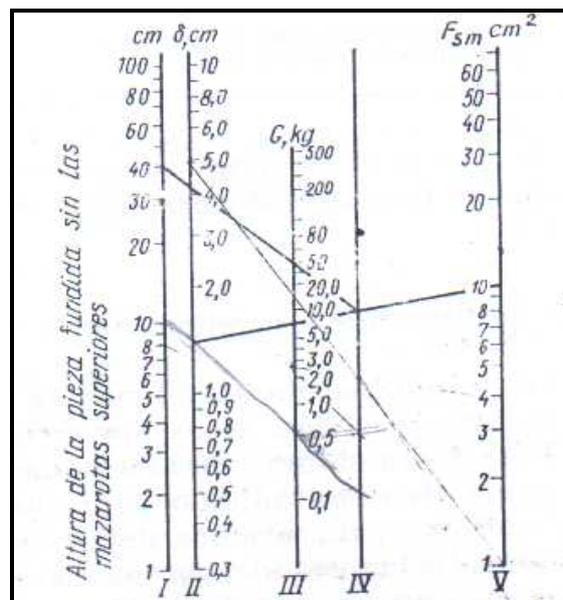


Figura 58: Instructivo para el cálculo de bebederos.<sup>28</sup>

Por la altura (escalas I, II) y la masa de las molduras (escala III), se hallan los puntos que se unen con una línea recta. Esta línea se prolonga hasta la intersección con la escala IV. El punto de intersección se une con una recta con el punto (espesor medio de la moldura) en la escala II y esta línea se prolonga hasta la intersección con la escala V. El punto en la escala V corresponde a la sección del canal vertical para la moldura predeterminada.

<sup>28</sup> Tecnología del proceso de fundición/N.D: TITOV; A. STEPÁNOV/Pág.

#### 4.4.6.2. Herramientas para el moldeo.

	<b>HERRAMIENTAS PARA EL MOLDEO</b>	<b>Código:</b>	PO-IHM-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.		<b>Aprobado por:</b> Ing: José Pérez	<b>Fecha Apr:</b>

1.- **Objetivo.-** Elaborar el Instructivo para la selección de herramientas de moldeo.

#### 2.- Descripción de las Actividades.-

- Elaborar un listado de las herramientas para el moldeo a mano.

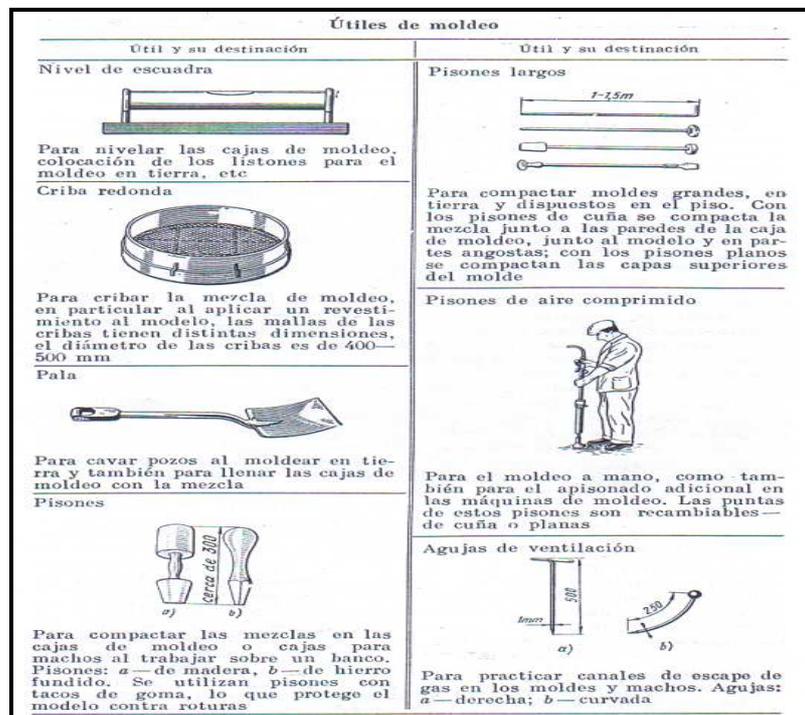


Figura 59: Útiles para Moldeo.<sup>29</sup>

<sup>29</sup> Tecnología del proceso de fundición/N.D: TITOV; A. STEPÁNOV/Pág. 105 – tabla 21.

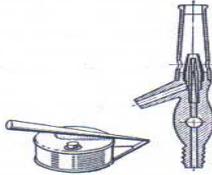
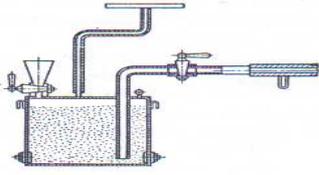
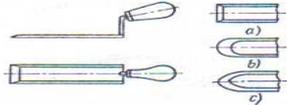
Útil y su destinación	Útil y su destinación
<p><b>Mazo</b></p>  <p>Para separar el modelo durante su extracción y la caja de macho al extraerse el macho de ésta</p>	<p><b>Pulverizadores</b></p>  <p>Para el humedecimiento superficial antes del acabado, como también para aplicar revestimientos antiadherentes (pinturas), soluciones para consolidar la superficie de los moldes y machos</p>
<p><b>Ganchos (elevadores)</b></p>  <p>Para extraer los modelos o sus partes desmontables</p>	 <p>Para aplicar una capa gruesa de revestimiento refractario a la superficie útil del molde y el macho</p>
<p><b>Pincel</b></p>  <p>Para humedecer el molde por el contorno del modelo antes de extraer el último, como también en algunos casos en los sitios deteriorados antes de su arreglo</p>	<p><b>Alisadores</b></p>  <p>Para el acabado de los moldes los filos de los alisadores se hacen rectangulares (a), redondeados (b) y puntiagudos (c)</p>

Figura 60: Útiles para Moldeo<sup>30</sup>.

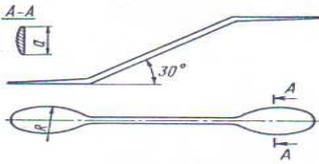
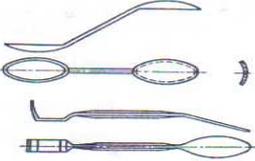
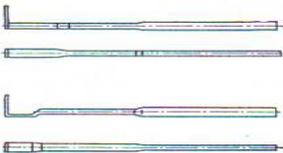
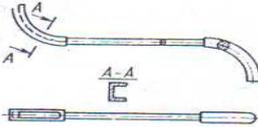
Útil y su destinación	Útil y su destinación
<p><b>Lancetas</b></p>  <p>Para el acabado de moldes y machos</p>	<p><b>Cucharas</b></p>  <p>Para el acabado y arreglo de moldes y machos</p>
<p><b>Ganchos de moldeo</b></p>  <p>Para el acabado y arreglo del molde</p>	<p><b>Patillas</b></p>  <p>Soplos neumáticos, aspiradoras Para expulsar el polvo y suciedad del molde</p>

Figura 61: Útiles para Moldeo.<sup>31</sup>

<sup>30</sup> Tecnología del proceso de fundición/N.D: TITOV; A. STEPÁNOV/Pág. 105.

<sup>31</sup> Tecnología del proceso de fundición/N.D: TITOV; A. STEPÁNOV/Pág. 105 – tabla 21.

#### 4.4.6.3. Colado.

	<b>COLADO</b>	<b>Código:</b>	PO-ICL-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.	<b>Aprobado por:</b> Ing: José Pérez	<b>Fecha Apr:</b>	

**1.- Objetivo.-** Elaborar el Instructivo para el vaciado de la colada.

#### **2.- Descripción de las Actividades.-**

- Utilizar el equipo de protección necesario.
- Girar el horno de crisol.
- Vaciado de la colada en la cuchara.
- Transporte de la colada hacia los moldes.
- Vaciado de la colada en los moldes por los canales de alimentación.
- Transporte hacia el horno para cargar la colada de fundición.

#### 4.4.7. Instructivos para el Desmoldeo.

##### 4.4.7.1. Corte de Bebederos

	<b>DESMOLDEO (CORTE DE BEBEDEROS).</b>	<b>Código:</b>	PO-ICB-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.		<b>Aprobado por:</b> Ing: José Pérez	
		<b>Fecha Apr:</b>	

**1.- Objetivo.-** Elaborar el Instructivo para el Desmoldeo.

##### **2.- Descripción de las Actividades.-**

- Verificar que la moldura esté a temperatura ambiente.  
Después de llenar el molde la moldura se enfría y se solidifica. La moldura solidificada por completo debe dejarse enfriar cierto tiempo con el molde, ya que la resistencia del metal a altas temperaturas es pequeña y la pieza fundida puede destruirse durante el Desmoldeo. Las partes delgadas se enfrían mucho más rápido que las gruesas, lo que provoca el surgimiento en las molduras de tensiones internas, la deformación e incluso grietas.
- Separar las cajas de moldeo.
- Se extrae la moldura del Molde.
- Reside en la extracción de la pieza fundida de la caja de moldeo una vez solidificada y enfriada hasta la temperatura prefijada. El molde se destruye y de la moldura se expulsan los machos en caso de existir.
- Se procede a cortar los bebederos teniendo cuidado de no dañar la moldura.
- Desbarbarado y limpieza de molduras:
- Con la ayuda de cepillos, brochas o de un compresor se realiza la limpieza de las superficies interiores y exteriores de la moldura de la mezcla de moldeo adherida. En la operación de Desmoldeo se desprende una gran cantidad de calor, gases y polvo.

#### 4.4.7.2. Acabado de las piezas.

	ACABADO DE LAS PIEZAS	Código:	PO-IAP-001
		Versión:	00
		Página:	000
Elaborado por:	Caiza G. Guzmán F.	Aprobado por:	Ing: José Pérez
		Fecha Apr:	

**1.- Objetivo.-** Elaborar el Instructivo para el acabado de las piezas..

#### **2.- Descripción de las Actividades.-**

- Las molduras se limpian con muelas abrasivas con el propósito de eliminar los derrames, rebabas, sesgos e irregularidades de la superficie.
- Las amoladoras con el árbol flexible se emplean para el desbastado directo y frontal de las molduras. Las superficies de las molduras son desbastadas después de eliminar los pequeños residuos de bebederos y otras protuberancias en la moldura.
- En las máquinas de desbastar fijas se eliminan los residuos de bebederos y rebabas. Durante el desbastado la moldura se aprieta, a mano o con un dispositivo especial, contra la muela abrasiva en movimiento. Para disminuir la contaminación del aire con polvo, a la parte inferior de la defensa de la muela abrasiva se fija una cámara llena de agua.
- Pintado de las Molduras: Las molduras se pintan para protegerlas de corrosión durante su almacenamiento en el depósito y en el proceso de corte. Las molduras se pintan con pintura de esmalte empleando un pulverizador o sumergiéndolas en un baño.
- Secado:
- Se lo realizará el secado a una temperatura de 60 °C durante un tiempo promedio de 10 min.

#### 4.4 .8. Instructivos para el Control de Calidad.

##### 4.4.8.1. Realización de ensayos.

	<b>REALIZACIÓN DE ENSAYOS</b>	<b>Código:</b>	CC-IRE-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.		<b>Aprobado por:</b> Ing: José Pérez	<b>Fecha Apr:</b>

**1.- Objetivo.-** Elaborar el Instructivo para la realización de Ensayos.

##### **2.- Descripción de las Actividades.-**

- Elaboración de la probeta para la realización de las pruebas.
- Lijado de la probeta.
- Pulido de la probeta.
- Observación de los micro-constituyentes de la probeta mediante el microscopio óptico.
- Observación de los micro-constituyentes de la probeta mediante el microscopio Metalográfico.
- Comparar los micro constituyentes con el libro de Metals handbook.
- Toma de medidas de las probetas.
- Realización de cálculos.
- Análisis de resultados.

#### 4.4.8.2. Hoja de control (Hoja de recogida de datos).

	<b>HOJA DE CONTROL</b>	<b>Código:</b>	CC-IHC-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.		<b>Aprobado por:</b> Ing: José Pérez	<b>Fecha Apr:</b>

**1.- Objetivo.-** Elaborar el Instructivo para la Hoja de Control.

**2.- Descripción de las Actividades.-**

- Obtener la tabla de Datos.

Establecer las constantes y el número de muestras. (n; A<sub>2</sub>; D<sub>3</sub>; D<sub>4</sub>).

Tabla 4.4.8.2 Constantes y Factores para elaborar la hoja de Control.

Número de observaciones en una muestra	A <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	Factor para la estimación de R: d <sub>2</sub> =R/s
2	1.880	0	3.268	1.128
3	1.023	0	2.574	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.114	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.97
10	0.308	0.223	1.777	3.078
11	0.285	0.256	1.744	3.173
12	0.266	0.284	1.717	3.258
13	0.249	0.308	1.692	3.336
14	0.235	0.329	1.671	3.407
15	0.223	0.348	1.652	3.472

- Establecer los límites de Control Inferior.
- Establecer los límites de Control Superior.
- Realizar el gráfico con el número de muestras y Xmed.

### 4.4.8.3. Histograma

	<b>HISTOGRAMA</b>	<b>Código:</b>	CC-IHI-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.		<b>Aprobado por:</b> Ing: José Pérez	<b>Fecha Apr:</b>

**1.- Objetivo.-** Elaborar el Instructivo para el Histograma.

#### **2.- Descripción de las Actividades.-**

- Obtener la tabla de Datos.
- Determinar el rango.  
 $R = (D_{max} - D_{min})$
- Obtener el número de clases existentes.  
 $Nc = \sqrt{\#Datos}$
- Establecer la longitud de clase.  
 $Lc = \frac{R}{Nc}$
- Encontrar las Frecuencias.

#### 4.4.8.4. Diagrama de Pareto.

	<b>DIAGRAMA DE PARETO</b>	<b>Código:</b>	CC-IDP-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.		<b>Aprobado por:</b> Ing: José Pérez	<b>Fecha Apr:</b>

**1.- Objetivo.-** Elaborar el Instructivo para el Diagrama de Pareto.

#### **2.- Descripción de las Actividades.-**

- Tomamos un número de piezas fundidas para realizar el control.
- Detallamos en una tabla el nombre de los defectos existentes y descripción.
- Luego registramos el número de piezas con cada defecto es decir la frecuencia de aparición.
- Calculamos el porcentaje de la frecuencia.
- Para hacer más evidente los defectos que aparecen con mayor frecuencia se puede ordenar los datos de la tabla en orden decreciente de frecuencia.
- La categoría “otros defectos” siempre debe ir al final, sin importar su valor. De esta manera, si hubiese tenido un valor más alto, igual debería haberse ubicado en la última fila.
- Realizamos la Gráfica.

#### 4.4.8.5. Diagrama de causa efecto.

	<b>DIAGRAMA CAUSA EFECTO</b>	Código:	CC-ICE-001
		Versión:	00
		Página:	000
Elaborado por:	Caiza G. Guzmán F.	Aprobado por:	Ing: José Pérez
		Fecha Apr:	

**1.- Objetivo.-** Elaborar el Instructivo para el Diagrama Causa Efecto.

#### 2.- Descripción de las Actividades.-

- Se realiza un diagrama q identifica las causas y efectos que originan los problemas presentados en el proceso para la creación de un producto.
- Se utiliza para:
- Visualizar, en equipo, las causas principales y secundarias de un problema.
- Ampliar la visión de las posibles causas de un problema, enriqueciendo su análisis y la identificación de soluciones.
- Conduce a modificar procedimientos, métodos, costumbres, actitudes o hábitos.
- Educa sobre la comprensión de un problema.
- Sirve de guía objetiva para la discusión y la motiva.
- Muestra el nivel de conocimientos técnicos que existe en la empresa sobre un determinado problema.
- Prevé los problemas y ayuda a controlarlos, no sólo al final, sino durante cada etapa del proceso.

#### 3.- Gráfica.

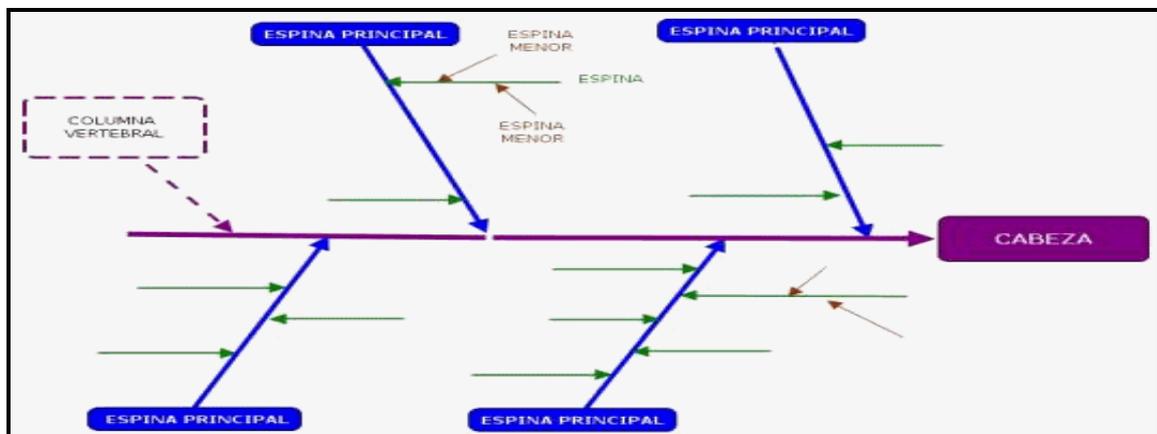


Figura 62: Diagrama Causa Efecto.

## **4.5. Planes.**

### **4.5.1. Plan de Seguridad Industrial.**

La Seguridad Industrial es una disciplina que comprende actividades de orden técnico, legal, humano y económico que vela por el bienestar humano y la propiedad física de la empresa, y actualmente se define como una herramienta fundamental en el Control de pérdidas y en la prevención de riesgos.

Implementar y mantener un Plan de Seguridad Industrial adecuado permite a la organización garantizar la integridad de las personas, concientizar en cada uno de ellos su importancia y que estos a su vez se sientan comprometidos con él, dado que muchas veces la responsabilidad es sólo asumida por la gerencia o el jefe de seguridad de la empresa. Es importante que en las organizaciones se cree una cultura de seguridad para que esta perdure, sea aplicada y reconocida por todos.

Un Plan de Seguridad debe contener las disposiciones enfocadas a:

1. Información sobre el sistema de gerencia y sobre la organización de la instalación con vista a la prevención de accidentes mayores.
2. Descripción del entorno de la instalación (demográfico, meteorológico, hidrográfico, etc.)
3. Descripción de la instalación (con inventario de sustancias peligrosas, descripción de procesos, métodos de operación)
4. Análisis de riesgos y métodos de prevención que se evaluarán mediante fichas técnicas sobre:
  - El área de trabajo
  - Orden y limpieza
  - Condiciones ambientales
  - Señalización
  - Almacenamiento
  - Equipos de protección individual
  - Herramientas manuales y portátiles
  - Riesgos eléctricos

- Riesgos de incendio
  - Evacuación, recogida y eliminación de residuos
5. Medidas de protección e intervención para limitar las consecuencias de los accidentes, (que es el otro gran pilar técnico de la Seguridad, y que comienza por requerir una red de sensores y monitores que permitan conocer la evolución de un accidente).

Por tanto, la empresa debe brindar un ambiente de trabajo seguro y saludable para todos los trabajadores y al mismo tiempo estimular la prevención de accidentes fuera del área de trabajo. Si las causas de los accidentes industriales pueden ser controladas, la repetición de éstos será reducida.

#### **4.5.2. Plan de Capacitación.**

Capacitación, o desarrollo de personal, es toda actividad realizada en una organización, respondiendo a sus necesidades, que busca mejorar la actitud, conocimiento, habilidades o conductas de su personal. Concretamente la capacitación busca perfeccionar al colaborador en su puesto de trabajo, en función de las necesidades de la empresa, un proceso estructurado con metas bien definidas.

La capacitación constituye un factor importante para que el colaborador brinde el mejor aporte en el puesto asignado, ya que es un proceso constante que busca la eficiencia y la mayor productividad en el desarrollo de sus actividades así mismo contribuye a elevar el rendimiento, la moral y el ingenio creativo del trabajador. La esencia de una organización motivada influye directamente en la calidad del producto.

La falta de motivación y trabajo en equipo conducen automáticamente al fracaso de un producto con calidad y obviamente enfocar el tema de la capacitación como uno de los elementos vertebrales para mantener, modificar o cambiar las actitudes y comportamientos de las personas dentro de la organización.

En tal sentido se plantea el presente formato de un Plan de Capacitación:

1. Presentación.
2. Justificación.
3. Alcance del plan de capacitación.
4. Objetivos del plan de capacitación (generales y específicos).
5. Metas e indicadores.
6. Acciones a desarrollar.
- 6.1. Temas de capacitación.
7. Recursos.
  - 7.1. Recursos humanos.
  - 7.2. Materiales.
  - 7.3. Infraestructura.
  - 7.4. Mobiliario, equipo y otros.
  - 7.5. Documentos técnico – educativo.
8. Presupuesto de financiación y alianzas.
9. Cronograma.
10. Firmas de aprobación.

#### **4.5.3. Plan de Mantenimiento.**

Elaborar y poner en práctica un plan de mantenimiento preventivo proporciona una infraestructura definida en términos de objetivos, calidad, desarrollo, costos, eficiencia, confiabilidad (entrega a tiempo), medidas de seguridad y renovación, permitiendo cubrir los compromisos de la institución.

La planificación del mantenimiento requiere del inventario de la infraestructura, de recursos (repuestos, herramientas, mano de obra, etc.), y un registro donde se calendariza todas las actividades requeridas.

1. Definir metas y objetivos
2. Determinar los requerimientos para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo,
  - Qué debe incluir?
  - Dónde debe iniciar?

Decidir qué tan extenso puede ser el programa de mantenimiento preventivo, en función de:

- Maquinaria y Equipo a incluir.
  - Áreas de operación a incluir.
3. Desarrollar el plan de mantenimiento preventivo.
  4. Contar con un listado del equipo existente que requiera de mantenimiento.
  5. Un calendario que especifique la frecuencia de los trabajos de mantenimiento preventivo y quien lo debe realizar.
  6. Listado de repuestos o materiales que serán empleados para realizar el mantenimiento.
  7. Establecer procedimientos del mantenimiento preventivo. (Listados de rutinas.)

El programa de mantenimiento preventivo deberá incluir procedimientos detallados que deben ser completados en cada inspección o ciclo.

8. Los procedimientos permiten insertar detalles de liberación de máquina o equipo, trabajo por hacer, diagramas a utilizar, planos de la máquina, ruta de lubricación, ajustes, calibración, arranque y prueba, reporte de condiciones, etc.

## 4.6 Realización de Pruebas

### a) Ensayo Metalográfico.

	<p style="text-align: center;">ENSAYO METALOGRAFICO</p>	<b>Código:</b>	CC-IRE-001
		<b>Versión:</b>	01
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.		<b>Aprobado por:</b> Ing: José Pérez	<b>Fecha Apr:</b> 2011-04-28

**1.- Objetivo.-** Realizar el ensayo de análisis Metalográfico de las probetas fundidas en aluminio.

### 2.- Descripción de las Actividades.

- Elaboración de la probeta para la realización de las pruebas.  
Fabricación de los modelos en madera.



Figura 63: Modelos de madera.

- Preparación de los moldes en arena.



Figura 64: Modelos en la arena.

- Planificación de la fundición de las probetas.



Figura 65: Moldeo de las probetas

- Fundición de las probetas.



Figura 66: Fundición y vertido de la colada.

- Retiro de bebederos en las probetas.



Figura 67: Probetas de aluminio aún con bebederos.

- Lijado de la probeta.



Figura 68:        Probeta siendo lijada

- Pulido de la probeta.



Figura 69:        Probeta en la máquina pulidora.

- Observación de los micro-constituyentes de la probeta mediante el microscopio óptico.



Figura 70:        Microscopio.

- Observación de los micro-constituyentes de la probeta mediante el microscopio Metalográfico.



Figura 71: Fotografía de los Micro-constituyentes de la probeta analizada.

- Comparar los micro-constituyentes con el libro de Metals Handbook. Obteniendo después de la comparación una aleación 308-F que es una aleación que contiene 4,5 % Cu y 5,5% Si.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> METALS HANDBOOK- 8<sup>TH</sup> EDITION, Atlas of Microstructures of Industrial Alloys, Pag.-260

## b) Ensayo de Dureza

	<p style="text-align: center;">ENSAYO DE DUREZA</p>	<b>Código:</b>	CC-IRE-002
		<b>Versión:</b>	01
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.		<b>Aprobado por:</b> Ing. José Pérez	<b>Fecha Apr:</b> 2011-04-28

**1.- Objetivo.-** Realizar el ensayo de Dureza de las probetas fundidas en aluminio.

### 2.- Descripción de las Actividades.

- Lijado de la probeta.



Figura 72: Probeta siendo lijada

- Pulido de la probeta.



Figura 73: Probeta en la máquina pulidora.

- Ubicación de la probeta en el durómetro.



Figura 74: Durómetro.

- Aplicación de la carga en la probeta.



Figura 75: Probeta sometida a carga en el durómetro.

- Medida de la huella en la probeta.



Figura 76: Observación y Medida de la huella marcada en la probeta

- Calculo de dureza Brinell.

$$HB = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Donde: P es la carga aplicada

D diámetro del indentador

d diámetro de la huella medida en la probeta = 2,54 mm

$$HB = 23,31$$

**c) Diagrama de causa efecto.**

	<b>DIAGRAMA CAUSA EFECTO</b>	<b>Código:</b>	CC-ICE-001
		<b>Versión:</b>	00
		<b>Página:</b>	000
<b>Elaborado por:</b> Caiza G. Guzmán F.		<b>Aprobado por:</b> Ing: José Pérez	<b>Fecha Apr:</b>

**1.- Objetivo.-** Elaborar el Instructivo para el Diagrama Causa Efecto.

**2.- Descripción de las Actividades.-**

- Se realiza un diagrama q identifica las causas y efectos que originan los problemas presentados en el proceso para la creación de un producto.
- Se utiliza para:
  - Visualizar, en equipo, las causas principales y secundarias de un problema.
  - Ampliar la visión de las posibles causas de un problema, enriqueciendo su análisis y la identificación de soluciones.
  - Conduce a modificar procedimientos, métodos, costumbres, actitudes o hábitos.
  - Educa sobre la comprensión de un problema.
  - Sirve de guía objetiva para la discusión y la motiva.
  - Muestra el nivel de conocimientos técnicos que existe en la empresa sobre un determinado problema.
  - Prevé los problemas y ayuda a controlarlos, no sólo al final, sino durante cada etapa del proceso.

3.- Gráfica.

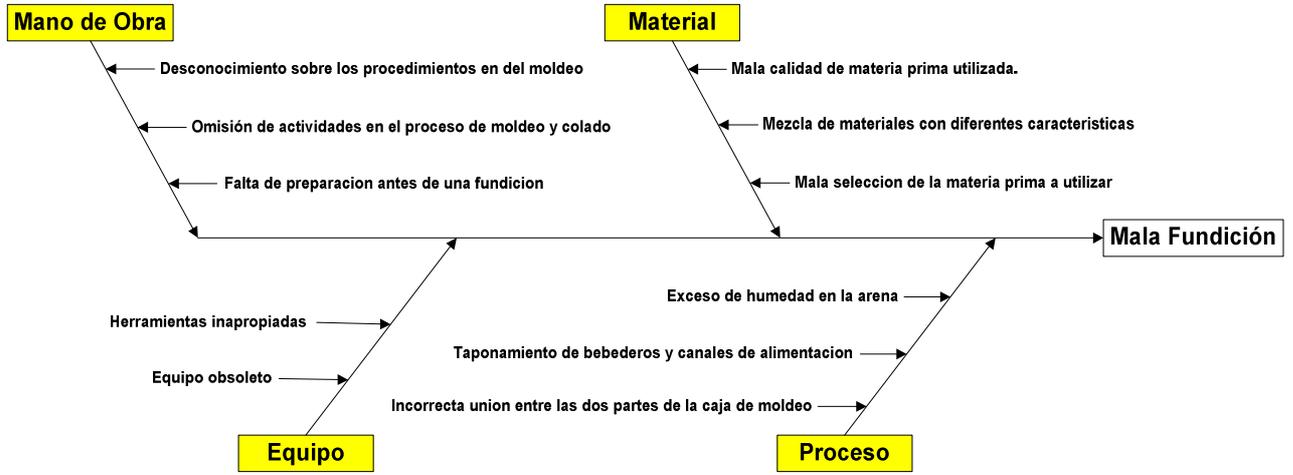


Figura 77: Diagrama Causa Efecto

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones.

- Se desarrollo procedimientos y normas para el aseguramiento de calidad en las fundiciones de aluminio, en base a los procedimientos de moldeo en el laboratorio de fundición de la Facultad de Mecánica”.
- Se realizó un diagnóstico inicial del proceso para la elaboración de fundiciones de Aluminio, logrando determinar la incidencia de los procedimientos del moldeo en el producto final.
- Se elaboró la documentación como son: Manuales e Instructivos con la finalidad que sirvan de guía al usuario del taller y ayuden a optimizar los recursos para poder mejorar el resultado al obtener fundiciones de Aluminio.
- Se estableció un procedimiento de moldeo óptimo que garantiza y permite mejorar la calidad dentro del proceso de fundición.
- Con las pruebas realizadas a las probetas obtenidas en la fundición se pudo observar lo siguiente: En el análisis Metalográfico que se efectuó a la probeta se obtuvo que la Fundición es una aleación 308-F que contiene 4,5 % Cu y 5,5% Si. A la muestra se le atacó con el reactivo KELLERS y fue observado con un acercamiento de 200 X



Figura 78: Fotografía de los Micro-constituyentes de la probeta analizada.

- Después de realizar ensayos de dureza sobre las muestras se obtuvo una dureza Brinell de  $HB = 23.31$ , tomando en cuenta que los valores de la dureza Brinell se extienden desde  $HB = 15$  para un aluminio blando puro, hasta  $HB = 110$  para un aluminio endurecido con tratamientos térmicos, este valor reflejado en las probetas obtenidas de la fundición garantiza un producto de buenas propiedades ya que es cercano a la magnitud de dureza que tiene el aluminio blando puro.

## 5.2 **Recomendaciones**

- Se recomienda la realización de una inducción previa, a quienes elaboren prácticas en el taller de fundición, referente a los instructivos de trabajo propuestos en el plan de Aseguramiento de la Calidad.
- La implementación de un laboratorio donde se pueda efectuar control de calidad en las fundiciones, para así tener estadísticas y patrones sobre los trabajos realizados, logrando la mejora continua siempre en búsqueda de llegar a la calidad total.
- Se recomienda la utilización de normas en cada uno de los procedimientos que conlleven al producto final y así obtener resultados con altos estándares de calidad.
- Se debe realizar una constante capacitación en cuanto a la correcta utilización del Equipo de Protección Personal (EPP).

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### **Bibliografía:**

Norma Técnica Ecuatoriana (NTE), Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) Organización Internacional para la Estandarización (ISO) 9001 -2000. Sistemas de Gestión de la calidad, Requisitos. Quality Management system. INEN Quito Ecuador.

HUFNAGEL, W. Manual del Aluminio Vol. II. España: Reverte, 2004.

ZANDIN, K. Maynard, Manual del Ingeniero Industrial. 4ta. ed. España: Mc Graw Hill, 2004.

AMERICAN SOCIETY FOR METALS. Metals Handbook, Atlas of Microstructures of Industrial Alloys. 8va ed. Ohio: Metals Park, 1972.

CAPELO, E. Tecnología de la Fundición, Barcelona: Gustavo Gili, 1987.

CAICEDO, J. Influencia de la Temperatura de Colado Sobre la Fluidez de las Aleaciones de Aluminio-Magnesio-Silicio, Tesis de grado, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2003.

TITOV, E. Tecnología del Proceso de Fundición. Moscú, MIR : 1981.

NORMAS DE LA SOCIEDAD AMERICANA DE PRUEBAS Y MATERIALES (ASTM)/Apéndice E8.

DALE, H, Control de Calidad. 8va. ed. México: Pearson Educación, 2009.

## **Linkografía.**

### **Aseguramiento de la Calidad.**

<http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/ger/No9/Que%20es%20calidad.htm>

2010-09-13

### **Materiales Refractarios**

<http://www.carbosanluis.com.ar/REFRACT%20CSL%20-2007.pdf>

2010-07-25

### **Proceso de Fundición**

<http://www.ru.all-biz.info/es/g376468>

2010-06-10

### **Reseña Histórica Facultad de Mecánica**

<http://www.esPOCH.edu.ec/index.php?paccion=facultades&id=5/cedicom/archivoPDF>

2010-05-15