



**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**

**UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**

**ESPECIALIDAD: INGENIERIA INDUSTRIAL**

Trabajo de grado para la obtención del título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL.**

**“PLANTEAMIENTO DE MEJORA AL PROCESO PARA EL CONTROL DE PRODUCCION DE LINGOTES DE ALUMINIO CON ALEACION 6063 EN LA PLANTA DE FUNDICION DE LA EMPRESA CEDAL S.A UBICADA EN LA CIUDAD DE LATAACUNGA”**

Autor:

Henry Alonso Jácome Vivas

Director:

Hernán Vladimiro Navas Olmedo. Ing. M.Sc.

Asesor:

Dr. Edwin Vaca Cerda M.Sc

Lataacunga, Ecuador

Abril, 2012

## **AVAL DE LA DIRECCION ACADEMICA CIYA - UTC**

Latacunga, Abril 2012

En calidad de Director Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, toda vez que procedí a revisar el trabajo de investigación sobre el tema:

**“PLANTEAMIENTO DE MEJORA AL PROCESO PARA EL CONTROL DE PRODUCCION DE LINGOTES DE ALUMINIO CON ALEACION 6063 EN LA PLANTA DE FUNDICION DE LA EMPRESA CEDAL S.A UBICADA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”** del postulante JACOME VIVAS HENRRY ALONSO, de la Carrera de Ingeniería Industrial.

Luego de haber procedido con la revisión del proyecto antes mencionado, considero que el mismo cumple con todos los requerimientos necesarios para ser presentado en la Defensa de la Tesis correspondiente.

Me suscribo para los fines pertinentes

M.Sc Hugo Armas

Director Académica CIYA-UTC

## **AVAL DEL TRIBUNAL DE LA TESIS**

En nuestra calidad de Miembros del Tribunal de la Defensa de Tesis Titulada **“PLANTEAMIENTO DE MEJORA AL PROCESO PARA EL CONTROL DE PRODUCCION DE LINGOTES DE ALUMINIO CON ALEACION 6063 EN LA PLANTA DE FUNDICION DE LA EMPRESA CEDAL S.A UBICADA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”** de Autoría del Postulante HENRRY ALONSO JACOME VIVAS, Ingeniero de la Carrera de Ingeniería Industrial CIYA – UTC. Certificamos que se puede continuar con el trámite correspondiente.

Es todo cuanto podemos certificar en honor a la verdad.

Atentamente,

.....

Ing. Diana Marín Vélez.

.....

Dra. Teresa Medina Arévalo.

.....

Ing. William Real Lascano

.....

Ing. Edison Salazar Cueva

# **CERTIFICADO DE AUTENTICIDAD**

Yo, Henry Alonso Jácome Vivas, con C.I. 050249044-4 certifico bajo juramento que el trabajo aquí descrito y los resultados obtenidos como informe final para la obtención del Título es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional.

---

Henry Alonso Jácome Vivas

C.I. 050249044-4

## **INFORME DEL DIRECTOR**

**Latacunga, Abril del 2012**

**Ingeniero M.Sc.**

**Hugo Armas**

**DIRECTOR DE LA UNIDAD ACADÉMICA CIENCIAS DE LA  
INGENIERIA Y APLICADAS**

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI.**

En nuestra calidad de Director y Asesor de Tesis certificamos que el Sr. Henry Alonso Jácome Vivas; ha desarrollado el Proyecto de Grado Titulado “PLANTEAMIENTO DE MEJORA AL PROCESO DE PRODUCCION DE LINGOTES DE ALUMINIO CON ALEACION 6063 EN LA PLANTA DE FUNDICION DE LA EMPRESA CEDAL S.A UBICADA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA” Aplicando las disposiciones institucionales, metodológicas y técnicas que regulan esta actividad académica, por lo que autorizamos que el mencionado alumno reproduzcan el documento definitivo, se presente a las Autoridades de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas y procedan a la exposición de su Contenido.

**Atentamente,**

---

---

**Hernán Navas O. Ing. M.Sc.**

**Dr. Edwin Vaca M.Sc.**

**DIRECTOR DEL PROYECTO  
PROYECTO**

**ASESOR**

**DEL**

### **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad, a su Personal Docente quienes fueron una parte esencial en mi formación profesional y humana ya que supieron ser grandes amigos.

También a:

Ing. Hernán Navas.

Ing. William Real.

Ing. Jorge Medina.

Ing. Martín Burbano.

Ing. Raúl Reinoso.

M.Sc. Edwin Vaca.

Todo el Personal de Fundición y Operadores de Extrusión.

A todos los que forman CEDAL S.A.

De los cuales me brindaron su apoyo incondicional que nos brindó durante la ejecución de este proyecto y por su amistad que se ha ido cultivando durante todo este tiempo.

**HENRRY JACOME**

**DEDICATORIA**

A DIOS por la valiosa oportunidad de darme el conocimiento para servir mejor a  
la sociedad

A mis madres Wilsa y Mercy.

A mis tíos, tías, primos, primas, mis amigos

Por su paciencia y amor incondicional

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme abierto las puertas para  
obtener un amplio conocimiento

A todos quienes de una u otra manera colaboraron en la consecución de este gran  
proyecto.

**A todos**

**MIL GRACIAS DE TODO CORAZON**

**HENRRY**

## **RESUMEN**

El presente trabajo se lo ha realizado para evitar los rechazos de los lingotes de Aluminio 6063 y a su vez la perdida que tiene Extrusión por materia prima defectuosa o de mala calidad para la producción de perfiles.

El estudio de tipo productivo es utilizado en esta investigación, en tanto se procesan y obtienen resultados de indicadores tangibles empleando una Investigación cuantitativa con respecto al proyecto, y se realiza un análisis de los datos obtenidos de cada proceso.

Se hace una revisión y análisis en la aleación 6063, sus propiedades, composiciones químicas (aleación), cuando arranco el proceso de Fundición hasta la actualidad. La importancia que tiene la calidad (parámetros de composición química de la aleación 6063) para el proceso de extrusión.

Dentro del proceso se realizó una investigación de producción, conocimiento y capacitación del personal, método de trabajo de cada grupo y especialistas, manera de control y supervisión del proceso en cada rotación de turno.

Determinar el Mantenimiento de los Equipos, estado de los Instrumentos de Medición, calibración y mantenimiento del espectrómetro.



Incidencia como afecta el magnesio cuando está demasiado alto, demasiado bajo o se encuentra nivelado para el proceso de Extrusión del Lingote de Aluminio con aleación 6063 para la obtención del perfil.

Costos generados por rechazos de Producción, costo de mano de obra, consumo de Energía Eléctrica, Consumo de Diesel, Consumo de Materiales e Insumos, Arranque de Proceso fallido.

## **SUMMARY**

The present work has been performed to prevent rejection of the 6063 aluminum ingots and the same time the loss that has the extrusion to the raw materials or bad quality for the production of profiles.

The study of type product is used in this investigation, while results obtained are processed and tangible indicators using a quantitative research the project and analysis of data from each process.

It did review and analysis in the 6063, its properties, chemical composition (alloy), when it started the process of casting date. The importance of quality (chemical composition parameters of the alloy 6063) for the extrusion process

Inside the process It did a production research knowledge and training of personnel, method of work of each group and specialists, how to control and supervise the process at each shift rotation

Determined the Maintenance of Equipment state of the measuring instruments, calibration and maintenance of the spectrometer and how to affects the incidence and when this is very high or low or when it finds in the extrusion process of aluminum alloy ingot 6063 to obtain the profile.

Costs generated by rejections of production, cost of labor, consumption of Electricity, diesel consumption, Consumption of Materials and supply, Process startup failed.

## INDICE GENERAL

Resumen.....	1
Summary.....	2
<b>CAPITULO I.</b>	
1 PROBLEMATIZACION.....	12
1.1 Planteamiento del Problema.....	12
1.2 Formulación del Problema.....	13
1.3 Justificación.....	13
1.4 Objetivos.....	14
1.4.1 Objetivo General.....	14
1.4.2 Objetivos Específicos.....	14
1.5 Alcance.....	14

1.6	Marco Temporo – Espacial.....	14
1.6.1	Variables.....	15
1.6.2	Indicadores.....	15

## **CAPITULO II. MARCO TEORICO**

2.	INTRODUCCION.....	16
2.1	Historia del aluminio.....	16
2.1.1	Aleaciones de aluminio.....	16
2.1.2	Propiedades del aluminio.....	19
2.1.3	Grandes aplicaciones de uso final.....	19
2.2	Producción de Aluminio.....	23
2.3	Reciclaje del Aluminio.....	26
2.3.1	Obstáculo para el Reciclaje.....	27
2.3.2	Comercialización.....	35
2.3.3	Beneficios del Reciclaje.....	35
2.4	Marco de Referencia Conceptual.....	38

## **CAPITULO III**

3.1	Historia de CEDAL S.A.....	41
3.2	Metodología.....	44
3.2.1	Unidad de análisis.....	44
3.2.2	Población y muestra.....	44

3.2.3	Tipo de investigación.....	44
3.2.4	Métodos de investigación.....	44
3.2.5	Técnicas e instrumentos para obtener los datos.....	44
3.2.6	Tratamiento y análisis de datos.....	44
3.3	Procesos para la transformación del Aluminio.....	45
3.3.1	Clasificación de la chatarra de aluminio en la industria.....	45
3.3.2	Recepción de la chatarra de aluminio.....	45
3.3.3	Clasificación de la chatarra de aluminio.....	47
3.4	Proceso de Fundición del Aluminio.....	50
3.4.1	Descripción del proceso de fundición.....	51
3.4.1.1	Equipos principales.....	53
3.4.1.2	Horno de fusión de aluminio + equipo de carga.....	53
3.4.1.3	Equipo de casting (moldeo) de lingotes.....	53
3.4.1.4	Horno de homogenizado.....	53
3.4.2	Materia prima.....	54
3.4.3	Elementos de aleación e insumos principales.....	54
3.4.4	Horno de Fundir.....	63
3.4.5	Homogenización del Lingote.....	64
3.4.5.1	Duración de la Homogenización.....	65
3.4.5.2	Consecuencias de la Homogenización.....	65

3.4.5.3	Curva de Temperatura de Homogenización.....	66
3.4.5.4	Pasos a seguir para el proceso de homogeneizado.....	69
3.5	Extrusión.....	76
3.5.1	Proceso de Extrusión.....	76
3.5.2	Extrusión en Caliente.....	77
<b>CAPITULO IV.</b>		
4.	Análisis de Producción y Rechazo Año 2010.....	78
4.1	Datos de producción.....	78
4.1.1	Adquisición de la chatarra de aluminio.....	78
4.1.2	Lingote Rechazado y de Reproceso.....	80
4.1.2.1	Carga fabril generada por el lingote rechazado.....	81
4.1.2.2	Costo de la Chatarra de mesa Cedal para la Planta de Fundición.....	82
4.2	Costo de Producción en la extrusión de perfiles 2010.....	93
<b>CAPITULO V.</b>		
5	Aplicación del Plan de Mejora para el proceso de Lingotes AA6063.....	96
5.1	Entidad Ejecutora.....	96
5.2	Cobertura y Localización.....	96
5.3	Plazo de ejecución.....	96
5.4	Desarrollo del Proyecto.....	96
5.5	Consecuencia del Magnesio (Mg) cuando no es controlado.....	97

5.5.1	Consecuencia cuando el Mg excede los Parámetros.....	97
5.5.2	Consecuencia cuando el Mg está bajo de los Parámetros.....	98
5.5.3	Resultado cuando están en los Parámetros establecidos.....	100
5.5.4	Tabla de Composición Química Modificada en el año 2011 para su implementación en Fundición.....	100
5.6	Conclusiones.....	119
5.7	Recomendaciones.....	120
5.8	Fuentes Bibliográficas.....	121
	Anexos.....	125

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b>	Proceso de Reciclaje.....	26
<b>Figura 2.2</b>	Chatarra de Aluminio para uso final.....	29
<b>Figura 2.3</b>	Chatarra del proceso de recolección.....	30
<b>Figura 2.4</b>	Chatarra prensada.....	32
<b>Figura 2.5</b>	Recortes de fabricación.....	33
<b>Figura 2.6</b>	Aluminio Puro.....	34
<b>Figura 2.7</b>	Aluminio Carter.....	34
<b>Figura 2.8</b>	Medidas de Indices de Precios de Materiales.....	35
<b>Figura 3.1</b>	Ventas CEDAL 2011.....	42
<b>Figura 3.2</b>	Posicionamiento de la Empresa.....	43
<b>Figura 3.3</b>	Camión sobre una balanza Camionera.....	43
<b>Figura 3.4</b>	Centro de almacenaje de chatarra de Aluminio.....	47

<b>Figura 3.5</b>	Clasificación de chatarra de Aluminio.....	48
<b>Figura 3.6</b>	Clasificadores de chatarra.....	48
<b>Figura 3.7</b>	Apilamiento de paquetes listos para el proceso de Fundición.....	49
<b>Figura 3.8</b>	Planta de Fundición CEDAL S.A ubicada en Latacunga.....	50
<b>Figura 3.9</b>	Diagrama de Flujo del Proceso de Fundición.....	52
<b>Figura 3.10</b>	Alimentador Tipo Bandeja.....	55
<b>Figura 3.11</b>	Aluminio Puro >99.5%, y Aluminio de Aleación 6063, 6060, 6061 o 6005.....	57
<b>Figura 3.12</b>	Consumo de Aluminio y Chatarra en un día de producción.....	58
<b>Figura 3.13</b>	Control de Chispeos.....	60
<b>Figura 3.14</b>	Componentes Químicos consumidos en un día de trabajo.....	61
<b>Figura 3.15</b>	Lingote sobre la mesa expulsora.....	62
<b>Figura 3.16</b>	Horno de Fundir.....	64
<b>Figura 3.17</b>	Curva de Temperatura del Horno de Homogenizado.....	66
<b>Figura 3.18</b>	Curva de Permanencia.....	67
<b>Figura 3.19</b>	Horno de Homogenizado con carga.....	68
<b>Figura 3.20</b>	Proceso de Homogenización.....	70
<b>Figura 3.21</b>	Curva de Enfriamiento.....	71
<b>Figura 3.22</b>	Producción de Lingotes Homogenizados en un turno de Trabajo..	72
<b>Figura 3.23</b>	Consumo de Chatarra, químicos y producción 2010 de un día de trabajo.....	73



<b>Figura 3.24</b>	Consumo de chatarra para el Horno de Fundir.....	75
<b>Figura 3.25</b>	Prensa Extrusora de Aluminio.....	77
<b>Figura 3.26</b>	Perfilería Extruida.....	77
<b>Figura 3.27</b>	Desgarre de Perfil.....	97
<b>Figura 3.28</b>	Rotura de Matriz por exceso de Mg.....	98
<b>Figura 3.29</b>	Perfil con AA6063 con baja Dureza.....	99

## INDICES DE TABLAS

<b>Tabla N 2.1</b>	Nomenclatura del Aluminio y sus Aleaciones.....	18
<b>Tabla N 2.2</b>	Propiedades del Aluminio.....	19
<b>Tabla N 3.1</b>	Rango de Valores estables en Fundición 2010.....	59
<b>Tabla N 3.2</b>	Componentes químicos consumidos en un día de trabajo.....	61
<b>Tabla N 3.3</b>	Consumo de Chatarra.....	74
<b>Tabla N 4.1</b>	Valores de consumo de chatarra de Aluminio en Kg.....	79
<b>Tabla N 4.2</b>	Materiales directos utilizados en el proceso de Fundición.....	81
<b>Tabla N 4.3</b>	Costo del Lingote rechazado para la planta de Fundición.....	82
<b>Tabla N 4.4</b>	Máquinas y elementos directos para el proceso de Extrusión.....	83
<b>Tabla N 4.5</b>	Producción de perfiles en el área de Extrusión año 2010 Recobrado y Productividad.....	84
<b>Tabla N 4.6</b>	Producción de perfiles en el área de Extrusión año 2010 Recobrado y Productividad.....	86

<b>Tabla N 4.7</b>	Productividad y Recobrado en el 2010 ambas Prensas.....	89
<b>Tabla N 4.8</b>	Tabla de estructuración de Costos en la Planta de Extrusión.....	93
<b>Tabla N 4.9</b>	Resultados de Producción Neta 2010 Fundición.....	95
<b>Tabla N 5.1</b>	Resultados Prensa Loewy 2011 Productividad y Recobrado con Materia Prima de Fundición.....	101
<b>Tabla N 5.2</b>	Resultados Prensa Farrel 2011 Productividad y Recobrado con Materia Prima de Fundición.....	105
<b>Tabla N 5.3</b>	Resultados Ambas Prensas Productividad y Recobrado con Materia Prima de Fundición.....	108
<b>Tabla N 5.4</b>	Resultados de producción Fundición 2011.....	115

# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA.**

### **1.1 Planteamiento del Problema.**

El proceso de fundición consiste en la producción de un objeto metal fundido por vaciado dentro de un molde y que luego es enfriado y solidificado. Desde tiempos antiguos el hombre a producido objetos de metal fundido para propósitos artísticos o prácticos. Con el crecimiento de la sociedad industrial, la necesidad de fundición de metales ha sido muy importante. El metal fundido es un componente importante de la mayoría de maquinarias modernas.

Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería mecánica, tales como su baja densidad (2.700 kg/m<sup>3</sup>) y su alta resistencia a la corrosión. Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa). Es buen conductor de la electricidad y del calor, se mecaniza con facilidad y es relativamente barato. Por todo ello es desde mediados del siglo XX el metal que más se utiliza después del acero.

El presente proyecto tiene como finalidad el estudio de la incidencia como afecta el magnesio cuando no se encuentra dentro de sus niveles adecuados sea este

demasiado alto, bajo y cuando se encuentra dentro de sus parámetros para el proceso de Extrusión del Lingote de Aluminio con aleación 6063 para la obtención del perfil.

La investigación se realizó en la Planta de Fundición y Extrusión de la Empresa CEDAL S.A ubicada en la Parroquia Ignacio Flores del Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi en el periodo 2010 - 2011, el estudio permitió identificar una estrategia para mejorar la Producción de Lingotes de AA6063 y así reducir los rechazos por mala calidad de la Materia Prima para Extrusión.

El estudio concibe los siguientes aspectos:

CAMPO: CEDAL S.A

ÁREA: Planta de Fundición.

ASPECTO: Rechazos por mala calidad de AA6063

TEMA: Planteamiento de mejora al proceso para el control de producción de lingotes de aluminio con Aleación 6063 en la planta de Fundición de la Empresa ubicada en la Ciudad de Latacunga.

## **1.2 Formulación del Problema.**

Por todo lo anteriormente expuesto, **el problema** se enunció de la siguiente forma:

**¿Cuál es el nivel de incidencia en el proceso de extrusión de Aluminio, por la mala calidad de los lingotes aleación 6063 producidos en la Planta de Fundición de Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A.? ubicada en la ciudad de Latacunga.**

El tema de investigación contempla estándares de evaluación basados en la realidad de los procesos según reportes de Producción 2009 – 2010

### **1.3 Justificación.**

Realizar un seguimiento al proceso con la finalidad de conocer los procedimientos, métodos de trabajo, funcionamiento de equipos, mecanismos de control tanto de producción como de calidad del producto y de adición de químicos que emplea la aleación 6063 para así obtener una buena extrusión y no exista rechazos del producto.

Con el planteamiento pretendemos una mejora al proceso de Fundición y de reducir el costo por la mala calidad y llegar al cumplimiento de metas establecidas y por ende generar mayor utilidad al proceso.

El estudio fue **factible** por cuanto se dispuso de los recursos, materiales económicos y humanos suficientes para efectuar la investigación en un lapso de un año ocho meses, además concurrió la participación del Jefe de la Planta y los Jefes de Turno conjuntamente con los Especialista y Operadores de la Planta.

### **1.4 Objetivos.**

Con la Fundamentación del problema se ha obtenido una mejora al proceso de Fundición y se pretende reducir el costo por mala calidad del producto y llegar al cumplimiento de metas establecidas y por ende generar mayor utilidad a los procesos.

#### **1.4.1 Objetivo General.**

Realizar un diagnóstico para mejorar al proceso de producción de lingotes de aluminio AA6063, en la planta de Fundición de Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

- ✓ Tipos de Mantenimiento y calibración del Espectrómetro, No cumplimiento de Métodos de Trabajo en el proceso de producción de Fundición?

- ✓ Como afecta los rechazos por mala calidad y no cumplimiento de Metas?

### **1.5 Alcance.**

Planta de Fundición de la Empresa Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A., Latacunga.

### **1.6 Marco Temporo – Espacial.**

La investigación se la realizará con datos del año 2009 y el año 2010, con proyecciones duraderas dependiendo de los resultados y los insumos que se sigan utilizando, analizando datos de este período para la obtención de los indicadores que guíen hacia la consecución de resultados que demuestren la rentabilidad del plan de mejora.

#### **1.6.1 Variables.**

Variable Independiente:

- Mejorar el proceso continuo de la AA6063 en la producción de lingotes de Aluminio en Fundición.

Variables dependientes:

- Menor rechazo en prensas por defecto de Impurezas aumentando Productividad y Reduciendo Recobrado.
- Mayor tiempo de vida a las Matrices.
- Cumplimiento de indicadores de planta.

#### **1.6.2 Indicadores.**

Porcentaje de calidad de perfiles dentro de las normas establecidas del proceso.

Cumplimiento de indicadores en Fundición y Extrusión reduciendo costos horas – hombre, horas – máquina, materiales e insumos que inciden en el proceso e incrementando mayor utilidad a la Empresa.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **Introducción.**

Es menester abordar en una investigación el marco teórico del tema en particular, en este caso se realizará una ambientación en la historia del aluminio, sus propiedades tanto mecánicas como eléctricas, sus diferentes aplicaciones, además se aborda el tema de mejora al proceso de producción haciendo una introducción y recopilación de datos del proceso, para en el capítulo posterior hacer mención de la mejora en la producción de lingotes de Aluminio con Aleación 6063.

El aluminio es un elemento químico, 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. Como metal se extrae del mineral conocido con el nombre de bauxita. Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en la ingeniería mecánica, tales como su baja densidad (2.700 kg/m<sup>3</sup>) y su alta resistencia a la corrosión. Mediante aleaciones

adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa). Es buen conductor de la electricidad, se mecaniza con facilidad y es relativamente barato. Es el metal que más se utiliza después del acero.

## **2.1 HISTORIA DEL ALUMINIO.**

El aluminio y sus aleaciones tienen una combinación de propiedades mecánicas, eléctricas, químicas y térmicas, donde destacan su baja densidad, su excelente resistencia a la corrosión, su formabilidad y maquinabilidad, sus altas conductividades térmica y eléctrica.

Por ello, los productos de aluminio han sido ampliamente utilizados desde el siglo XIX en diversas aplicaciones como artículos para la cocina, perfiles para construcción, componentes de maquinaria, de autos, de carrocerías de aviones, naves espaciales y satélites, entre otros.

Sin embargo, las aplicaciones de este metal no han sido agotadas. El aluminio tiene un gran futuro por las características que lo distinguen.

Actualmente, el uso del aluminio es tan extendido que resulta difícil creer que en algún momento fue considerado un metal precioso, incluso más caro que el oro. En 1860, cuando P. Heroult en Francia y Charles Hall en Estados Unidos descubrieron de manera simultánea e independiente una manera de producir aluminio con facilidad, su precio se desplomó y se convirtió en un material al alcance de todos. El método consiste esencialmente en reducir la aleación ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) a través de un proceso electrolítico para después recolectarla como aluminio líquido. Es importante mencionar que debido a que la alúmina se obtiene del mineral llamado bauxita es un óxido muy estable, se requiere de una gran cantidad de energía eléctrica para producir el aluminio.

Grandes emporios comerciales y productores se formaron y crecieron como consecuencia de la explotación de este descubrimiento, así: ALCOA en Estados Unidos y PECHINEY en Francia. Estas empresas muestran que la inversión en investigación es muy rentable.



Se reconoce la clasificación de aluminio por el American National Standard Institute (ANSI), que sigue un código que combina una serie de letras. De los que se distinguen dos grandes grupos: las aleaciones para forja y las aleaciones para fundición. Para cada uno de éstos se pueden considerar dos subgrupos: aleaciones para tratar térmicamente para endurecerlas y las que no. Esta división se debe a los diferentes procesos de conformado que puede sufrir el aluminio y sus aleaciones. Se utiliza un sistema numérico de cinco cifras. Primero, se pone “EN” para la norma europea, seguido por “A” para Aluminio. Sigue una letra que indica la forma de producción (B para lingotes, C para fundiciones). Después

<b>Tabla N° 2.1.- Nomenclatura del aluminio y sus aleaciones</b>	
EN 485	Flejes, láminas y placas
EN 486	Lingote de extrusión
EN 487	Lingotes de laminación
EN 515	Productos semi-terminados, denominación del estado de los materiales
EN 546	Papeles de aluminio
EN 576	Aluminio no aleado en lingotes
EN 1706	Partes fundidos
EN 12258	Definiciones y conceptos
Elaborado por: Henry Jácome	
Fuente: Ingeniería de materiales.files.wordpress.com	

cinco números para la composición química. Por ejemplo EN AB-44000.

### **2.1.1 Aleaciones de Aluminio.**

Una de las ventajas importantes del aluminio frente a otros metales es su densidad, en comparación con el hierro (7.87 g/cm<sup>3</sup>), en contraste a la del aluminio (2.70 g/cm<sup>3</sup>). En algunas aleaciones de aluminio es posible endurecer el material mediante tratamientos térmicos y, en consecuencia, mejorar su resistencia mecánica.

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. A estas aleaciones se las conoce con el nombre genérico de Duraluminio, y pueden ser centenares de aleaciones diferentes. El duraluminio contiene pequeñas cantidades de cobre (Cu) (3 - 5%), magnesio (Mg) (0,5 - 2%), manganeso (Mn) (0,25 - 1%) y Zinc (3,5 - 5%).

Son también importantes los diversos tipos de aleaciones llamadas anticorrosión, a base de aluminio (Al) y pequeños aportes de magnesio (Mg) y silicio (Si). Pero que pueden contener a veces manganeso (Mn), titanio (Ti) y Cromo (Cr).

### 2.1.2 Propiedades del Aluminio.

Pese a las grandes características que posee el aluminio en su estado natural, que al combinarse con otros aleantes se generan propiedades que lo hacen muy eficiente para trabajos de manufactura en la industria entre ellos esta su dureza, la resistencia que posee frente a otros y sobre todo se toma en cuenta que el material no ferroso se lo puede volver a reutilizar por el proceso de reciclaje. A continuación, se presenta algunas de las propiedades más importantes.

Tabla N° 2.2.- PROPIEDADES DEL ALUMINIO	
Ligero, resistente	El aluminio es un metal muy ligero con un peso específico de 2,7 g/cm <sup>3</sup> un tercio el peso del acero. Su resistencia puede adaptarse a la aplicación que se desee modificando la composición de su aleación.
Muy resistente a la corrosión	El aluminio genera de forma natural una capa de óxido que lo hace muy resistente a la corrosión. Los diferentes tipos de tratamiento de revestimiento pueden mejorar aún más esta propiedad. Resulta especialmente útil para aquellos productos que requieren de protección y conservación.
Excelente conductor de la electricidad	El aluminio es un excelente conductor del calor y la electricidad y, en relación con su peso, es casi dos veces mejor que el cobre.
Buenas propiedades de reflexión	El aluminio es un buen reflector tanto de la luz como del calor. Esta característica, junto con su bajo peso, hace de él el material ideal para reflectores, por ejemplo, de la instalación de tubos fluorescente, bombillas o mantas de rescate.
Muy dúctil	El aluminio es dúctil y tiene una densidad y un punto de fusión bajos. Esta situación de fundido, puede procesarse de diferente manera. Su ductibilidad permite que los productos de aluminio se fabriquen en una fase muy próxima al diseño final del producto.
Completamente impermeable e inocuo	La lámina de aluminio, incluso cuando se lamina a un grosor de 0,007 mm. sigue siendo completamente impermeable y no permite que las sustancias pierdan ni el más mínimo aroma o sabor. Además, el metal no es tóxico, ni desprende olor o sabor.
Totalmente reciclable	El aluminio es cien por cien reciclable sin merma de sus cualidades. El refundido del aluminio necesita poca energía. El proceso de reciclado requiere sólo un 5% de la energía necesaria para producir el metal primario inicial.

### **2.1.3 Grandes Aplicaciones de uso final.**

- **Vehículos motorizados.**

“El hierro fundido y el acero se utilizan en la construcción de vehículos motorizados. La necesidad de reducir el peso de los automóviles ha provocado la introducción del aluminio en la construcción de partes del motor y cada vez más en partes del chasis. El aluminio ofrece la misma o mejor resistencia con un menor peso en comparación con el acero, aunque el costo por tonelada del aluminio (cuatro o cinco veces más que el del acero) es prohibitivo. La respuesta de la industria del acero ha sido la demostración de que los automóviles pueden ser fabricados de acero y aun así lograr gran parte del ahorro de peso en relación con los automóviles que contienen altos porcentajes de aluminio. Otros materiales, como por ejemplo el magnesio y los plásticos de ingeniería, también entran en la competencia para ser utilizados en partes de automóviles.

- **Telecomunicaciones.**

Cables El cobre perdió parte de su mercado debido a la aparición de la fibra óptica, que actualmente es utilizada para nuevas instalaciones entre los principales centros. La fibra óptica se utiliza cada vez más en conexiones de ramales, pero el cobre sigue siendo el material preferido para la conexión con el usuario final. Los teléfonos móviles representan un nuevo desafío, ya que no necesitan cables.

- **Transmisión eléctrica**

El aluminio compite con el cobre y ha ganado el mercado de los conductores aéreos. La menor resistividad del cobre, sin embargo, lo hace más eficaz como conductor en espacios restringidos. De allí que no tenga competencia en el cableado de viviendas y en los cables de potencia subterráneos.

- **Transmisión de calor.**

El aluminio compite con el cobre en este sector y, en particular, en los radiadores de automóviles, en los que se ha fomentado con éxito el aluminio. El plástico en la plomería también ha ganado alguna parte del mercado en perjuicio del cobre y el latón, principalmente sobre la base del precio.

- **Envasado.**

La hojalata fue el primer material utilizado en la elaboración de latas de cerveza. El aluminio paulatinamente realizó grandes avances en este mercado, al punto que eliminó la hojalata de este uso final en Estados Unidos y en gran parte de Europa. Fue un triunfo de mercadeo de la industria del aluminio, que vendió el concepto de que el aluminio es reciclable (también lo es la hojalata) y que las latas de aluminio son más livianas y mejores para el usuario. Recientemente, la hojalata ha recuperado una parte del mercado, en especial en Europa. El PET (un tipo de plástico) ha conseguido una parte del mercado de grandes contenedores, por la conveniencia de su uso, pero no puede ser reciclado de manera apropiada. Las botellas de vidrio pueden ser reutilizadas y tienen una preferencia tradicional en algunos países. Papel, plástico y laminados compiten con el papel de aluminio en sus aplicaciones de embalaje.

- **Construcción.**

Techados El acero galvanizado siempre ha sido considerado el más simple y económico de los metales usados en techos y paneles para la construcción. Tiende a ser reemplazado con otros productos de mejor aspecto o de mayor rendimiento técnico a medida que aumentan los ingresos. Este mercado es influenciado fuertemente por el clima, la tradición y las habilidades del mercado local de la construcción. La elección del material depende en parte de la voluntad del consumidor de pagar un precio mayor por un material más duradero. La elección también depende de la capacitación y las habilidades para trabajar con cada material que tenga el mercado local de la construcción. El cobre se utiliza ampliamente en Alemania y Europa Central, donde las nevadas son intensas. El zinc es el material por el que tradicionalmente se opta en Francia y Bélgica, mientras que el mercado del Reino Unido prefiere el plomo.

- **Marcos de puertas y ventanas.**

El aluminio desplazó al acero y la madera en marcos de puertas y ventanas, pero recientemente ha perdido una parte del mercado para los marcos de ventana plásticos. Los factores decisivos son el diseño y el rendimiento del producto cuando es expuesto a variaciones de clima y temperatura.

- **Monedas.**

En algunos países, la elaboración de monedas de aleación de cobre se ha visto amenazada por el aluminio y el zinc y más ampliamente por el uso de billetes y/o documentos en lugar de monedas. El uso de tarjetas de crédito en lugar de dinero en efectivo también es una forma de sustitución.

Existe un consenso entre los analistas en que el consumo de aluminio y cobre continuará creciendo a las tasas históricas cercanas a 3%, al menos durante los próximos 5 a 10 años. Se prevé que la demanda de plomo aumente anualmente un 1,1% los próximos 5 años. Se espera que la demanda de acero crudo aumente de 1,8% a 2,1% por año<sup>1</sup>.

El metal como materia prima está avanzando en sus aplicaciones y prácticamente ocupa un lugar importante en la industria de la construcción tanto como propósitos estructurales como ornamentales por lo que cada año que pasa su producción va ascendiendo en cantidades mayores prácticamente se podría decir que la industria del aluminio es uno de los negocios más rentables del mundo.

---

1 Aseral SA. (2000). Transformación de aluminio: aplicaciones y transformaciones del aluminio. Extraído de <http://www.confemetal.es/aseral/aplicaciones.htm>.

Según la Revista Reporte Industrial define:

**“Dentro de unos 15 años el consumo mundial del aluminio se duplicará al pasar de 31.6 millones de toneladas que se consumieron en el 2007 a por lo menos 60.6 millones de toneladas, según las estimaciones realizadas por los grandes productores mundiales del metal como la multinacional Alcoa. (p.14)**

Dichas estimaciones toman en cuenta el gran auge que ha tenido en primer lugar el alza en los precios, y en segundo lugar su gran versatilidad, convirtiéndose en uno de los metales más utilizados en la vida moderna.

Como consecuencia de esto, la industria de este metal liviano es en la actualidad una de las más rentables y así lo demuestran las experiencias de países como Canadá, Argentina y Brasil así como otras naciones de Asia, donde la producción de aluminio primario se ha incrementado significativamente en comparación con años anteriores”

## **2.2 PRODUCCION DE ALUMINIO.**

El aluminio se produce comercialmente sólo hace 149 años y aún es un metal joven. Con todo, hoy en día se produce más aluminio que todos los otros metales no ferrosos juntos. Se presta poca atención al exceso de consumo de aluminio, si se la compara con el interés en la reacción del consumidor al uso excesivo de envases, que no son recuperados ni reutilizados.

Se sabe relativamente poco con respecto a la forma como las personas con ingresos muy bajos utilizan el aluminio o cuáles de sus requerimientos más urgentes están insatisfechos.

La mayoría de la producción de aluminio está en manos de un grupo relativamente reducido de grandes empresas; es bastante fácil medir el empleo directo en la industria, simplemente examinando las planillas de estas empresas. Como con todos los minerales, es mucho más difícil determinar la cantidad de personas cuya subsistencia depende en forma indirecta de este producto.

La producción de aluminio y sus minerales es importante para varias economías nacionales, como las de la India y Jamaica.

El uso generalizado del aluminio se debe a varias características específicas:

- Posee una excelente relación peso/resistencia (la que puede ser mejorada mediante aleación), que justifica su uso en aeronaves y otros medios de transporte.
- Es un eficaz conductor de electricidad.
- Se le puede dar forma mediante laminado en planchas u hojas tan delgadas como 7 milésimas de milímetro, de modo que puede ser estirado, fundido o vaciado en una amplia variedad de moldes.

Aun así, no existe uso final para el que el aluminio sea indispensable, aunque es difícil imaginar que otro material consiga introducirse con tanto éxito en la fabricación de carcasas de aeronaves. El aluminio posee un sólido potencial de reciclaje en casi todas sus aplicaciones de uso final. Sus redes de reciclaje y sistemas de recolección podrían servir de modelo para otros metales utilizados en grandes cantidades.

La industria del aluminio ha concitado, sin duda, la preocupación de las comunidades con respecto a los recintos mineros. Un ejemplo reciente es Kashipur, región de Orissa, en India.

Aunque no es propósito de este informe entrar con detenimiento en el debate sobre el clima, es fundamental destacar simplemente que la actual preocupación por este tema centra y centrará su atención en todas las formas de uso de energía, entre las cuales la fundición de aluminio primario es una de las más importantes. Es posible que la energía hidroeléctrica, en especial en climas cálidos, no sea una fuente energética libre de carbono, como fue descubierto por la Comisión Mundial de Represas.

La cuestión de la energía y la diferencia en el consumo de energía entre las fuentes primarias y secundarias hacen que gran parte del debate sobre el aluminio dirija su atención al reciclaje.

Para la chatarra vieja, la rentabilidad de mejora es mucho más compleja. Un punto decisivo en el plan de mejora, eficaz del aluminio es la forma como se lo utiliza en las diversas aleaciones. El aluminio es un producto más valioso si es clasificado por aleación. No resulta difícil separar diversas aleaciones cuando se trata de chatarra nueva generada en procesos industriales. Sin embargo, cuando se trata de chatarra vieja, en especial la recolectada de autos triturados o artículos domésticos, es más difícil separarla por aleación. Aunque es posible separar los distintos metales presentes en un automóvil (acero, zinc, cobre y aluminio, por ejemplo), no ha habido un proceso comercial para clasificar la chatarra según aleación. Ante la falta de dicho proceso, la chatarra que presenta varias aleaciones distintas solamente puede ser reciclada como una aleación de ley de fundición, producto de valor relativamente bajo. Un desarrollo reciente de Alcan Aluminium promete hacer posible separar por aleación la chatarra triturada, proceso que también puede ser desarrollado por otras empresas.

Muchos países disponen de legislación para regular los materiales de envasado y su reciclaje. En Ecuador se está redactando una norma Técnica NTE INEN, para manejo de chatarras.

Acertadamente se aplican controles ambientales a la industria de fundición secundaria, que puede provocar grave contaminación. Pero estas regulaciones no son aplicadas del mismo modo en todas partes, por lo cual las reglas de juego no



son justas para los que las respetan en lugares donde las regulaciones sobre desechos no diferencian apropiadamente entre el material para desecho final y las materias primas de la industria del reciclaje, esto puede crear importantes costos administrativos.

Debido a su integración vertical y a los incentivos del mercado para recuperar material, el aluminio es una industria fértil para desarrollar conceptos más avanzados de supervisión de productos, los que de hecho parecen estar surgiendo.

### **2.3 RECICLAJE DE ALUMINIO.**

El reciclado del aluminio constituye uno de los programas más exitosos de comercialización e inclusión dentro de la sociedad y del sector industrial para el logro de los objetivos de preservación de la energía y del medio ambiente.

¿Qué es reciclar?

Se piensa que la popularidad del término reciclar ayuda al acuerdo global de una verdadera definición. Sin embargo, en nuestros tiempos encontramos que no existe una verdadera definición de lo que este término implica.

Para el público en general, reciclar es sinónimo de recolectar materiales para volverlos a usar. Sin embargo, la recolección es sólo el principio del proceso de reciclaje.

#### **Figura 2.1.- Proceso de reciclaje**



Elaborado por: Henry A. Jácome V.

Fuente: [www.educared.net](http://www.educared.net)

Una definición bastante acertada nos indica que reciclar es cualquier proceso donde materiales de desperdicio son recolectados y transformados en nuevos materiales que pueden ser utilizados o vendidos como nuevos productos o materias primas.

- ¿Por qué reciclar?

Reciclar es un proceso simple que nos puede ayudar a resolver muchos de los problemas creados por la forma de vida moderna.

Se pueden salvar grandes cantidades de recursos naturales no renovables cuando en los procesos de producción se utilizan materiales reciclados. Los recursos renovables, como los árboles, también pueden ser salvados. La utilización de productos reciclados disminuye el consumo de energía. Cuando se consuman menos combustibles fósiles, se generará menos CO<sub>2</sub> y por lo tanto no habrá lluvia ácida y se reducirá el efecto invernadero.

En el aspecto financiero, podemos decir que el reciclaje puede generar muchos empleos. Se necesita una gran fuerza laboral para recolectar los materiales aptos para el reciclaje y para su clasificación. Un buen proceso de reciclaje es capaz de generar ingentes ingresos a una gran cantidad e involucrados en cada uno de los eslabones de la cadena de valor.

### **2.3.1 Obstáculos para el Reciclaje.**

El reciclaje tiene beneficios obvios, sin embargo también existen algunos obstáculos que hay que superar.

Tal vez, el principal problema al que se enfrentan las personas cuando quieren generar un proceso de reciclaje, es la falta de educación de la sociedad en general sobre este aspecto. Las sociedades en general no entienden lo que le está preparando al planeta, especialmente en lo que se refiere a los recursos naturales.

Los problemas sociales relacionados con el reciclaje no se solucionan solamente con la educación. Las sociedades tienden a resistirse a los cambios. El ciclo tradicional de adquirir, consumir y desechar es muy difícil de romper. Reciclar en la oficina o en el hogar requiere de un esfuerzo extra para separar los materiales.

Siempre será más conveniente el hábito de arrojar todo hacia afuera.

La investigación ha hecho que sea posible la reducción de residuos, conduciendo al desarrollo de nuevas tecnologías, garantizando que el índice de recuperación en el reciclado se incremente a futuro.

La instalación de varias plantas de reciclado de Materiales, da lugar a la creación de puestos de trabajo y un mejor empleo de los recursos en comparación con la incineración.

La economía del reciclaje se menciona en varios estudios de casos de metales. Desde una perspectiva social, los costos incluyen el costo que tiene para la sociedad el hecho de conseguir vertederos, manejarlos de manera apropiada, recolectar el material y transportarlo hasta estos sitios. En algunos casos se agregan los costos de remediar problemas ambientales cuando las prácticas de eliminación de desechos han sido inadecuadas. Estos costos con frecuencia no son internalizados en los precios de los productos o no se reflejan cabalmente en el precio de la chatarra. Este ha sido un argumento de las iniciativas gubernamentales para fomentar un mayor reciclaje.

También se debería recordar, que gran parte del reciclaje es realizado por personas o empresas pequeñas, o en países en que no se reportan apropiadamente las informaciones, por lo que los datos sobre sus actividades son a menudo incompletos. Todo lo anterior hace muy difícil definir la tasa precisa de reciclaje.

El reciclaje tiene un importante papel para desempeñar en la transición hacia el desarrollo sustentable. En el año 2000, se reciclaron 15,6 millones de toneladas de chatarra de aluminio en todo el mundo. La tasa de reciclaje es el porcentaje anual del material disponible para reciclar que es efectivamente reciclado.

Las tasas de reciclaje en la construcción y el transporte van de 60% a 90% en varios países. La industria del aluminio está trabajando con los fabricantes de automóviles para facilitar el desmantelamiento de las partes de aluminio presentes en los vehículos con el fin de mejorar la clasificación y la recuperación del aluminio. En 1997, se utilizaron más de 4,4 millones de toneladas de chatarra en el sector del transporte, mientras que el uso de aluminio en los automóviles aumenta cada año.

Casi todo producto de aluminio puede ser reciclado con rentabilidad al término de su vida útil, sin pérdida de la calidad del metal ni de sus propiedades. En diversos países, se han creado organizaciones con el propósito específico de fomentar el reciclaje de aluminio, en especial latas y papel de aluminio. Muchos países también disponen de leyes que regulan los materiales de envasado y el reciclaje.

El reciclaje de aluminio implica la recolección de chatarra, la separación de otros materiales tales como plásticos u otros metales, para luego fundirla y vaciarla en una forma que pueda servir como insumo en el proceso de semi elaboración.

Las fuentes de chatarra de aluminio vienen generadas de dos sectores inmersos en el reciclaje del aluminio, la chatarra generada por la planta de extrusión y la chatarra reciclada de procesos de recolección.

**Figura 2.2.- Chatarra de aluminio para uso final.**



Elaborado por: Henry A. Jácome V.

Fuente: CEDAL. SA.

**Figura 2.3.- Chatarra del proceso de recolección (latas de cervezas compactadas)**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V.**

**Fuente: RECYNTER. SA.**

La chatarra nueva se genera durante los procesos de fabricación en forma de cortes, recortes y astillas. Por lo general, la chatarra vuelve rápidamente al proveedor para ser reprocesada o es reprocesada por la empresa que la genera.

La chatarra pos consumo se genera cuando la vida útil de un producto compuesto de aluminio llega a su fin y es descartado o desmantelado. La vida útil de los productos puede durar algunas semanas (latas de bebidas), 10 a 15 años (automóviles) o 30 a 50 años (edificios). Algunos productos, en especial el papel y el polvo de aluminio, son difíciles de recuperar una vez utilizados.

Para reciclar aluminio, se requiere de un sistema de recolección e instalaciones de reprocesamiento. Estos sólo serán implementados cuando exista la concentración de metal en uso necesaria para generar chatarra en volúmenes lo suficientemente grandes para justificar la inversión. El porcentaje del reciclaje de aluminio, por lo tanto, es determinado por la tasa de fabricación (en el caso de chatarra nueva) o del descarte de productos (en el caso de chatarra vieja). Debido a que el uso de metal está creciendo, la cantidad de metal en uso aumenta constantemente y la mayoría puede ser reciclada.

Existen importantes diferencias regionales en las tasas de reciclaje. En América del Norte, tanto como 35% del total del consumo de aluminio proviene de fuentes secundarias (principalmente de latas de bebidas); en Europa Occidental, es un 31%, pero en Asia es sólo un 25%.

En general, el consumo secundario es más bajo en regiones donde el consumo de aluminio ha aumentado rápidamente en los últimos años. Además, cuando es utilizado en líneas de energía y en la construcción de edificios, es poco probable que el aluminio se transforme en chatarra antes de varios años. En lugares donde la recolección de chatarra es ineficiente o no existe, la recolección para el consumo secundario se mantiene baja. En donde el consumo de metal ha sido relativamente alto durante varios años, como en Europa Occidental o América del

Norte y donde los centros de consumo están más concentrados, los sistemas de recolección generalmente están mejor organizados. En Estados Unidos, 80% de la materia prima utilizada para la producción de latas es chatarra; en Europa Occidental, la cifra es de 50%.

El reciclado del aluminio es un proceso complejo, en el que intervienen diversos factores. Tanto sus canales de recuperación como sus aplicaciones y mercados presentan múltiples posibilidades. El papel del recuperador se convierte en fundamental ya que se encuentra en el centro del "ciclo" y colabora en forma decisiva para darle el mejor uso posible a un material que puede ser reciclado prácticamente en un 100%.

El aluminio usado llega principalmente por dos canales: de los desechos del consumo ya sea doméstico o industrial (por ejemplo, cables eléctricos, planchas litográficas, botes de bebidas, otros envases y embalajes, deshuesadoras de vehículos, derribos, etc.) y de los recortes y virutas que se producen durante la fabricación de productos de aluminio.

Por lo tanto, para los recuperadores mayoristas, pueden haber diferentes tipos de proveedores: la industria en general, fábricas, pequeños talleres, plantas de selección, minoristas o mayoristas, poniéndose de manifiesto una creciente internacionalización de este sector. Existen muchos tipos de aluminio distintos que se comercializa en el mercado de la recuperación, pero se pueden agrupar básicamente en cuatro:

1. Los productos laminados (planchas de construcción, planchas de imprentas, papel de aluminio,
2. Partes de carrocerías de vehículos.
3. Los extrucionados (perfiles para ventanas, piezas para vehículos...),
4. Los aluminios moldeados ya sean por gravedad o por inyección (piezas para motores, manubrios de las puertas, etc.) los trefilados para la fabricación de cables y otros usos.

Una vez que llega el aluminio usado al recuperador, éste se encarga de darle la preparación óptima para su comercialización. En el caso de los mayoristas, por ejemplo, tratan de estandarizar la calidad del material para el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales que existen en el sector. Para ello, el comerciante de chatarras tiene que preparar el aluminio, separándolo de los restos de otros metales y materiales por diversos métodos (manualmente, fragmentado, triturado, cizallado, etc.).

**Figura 2.4.- Chatarra prensada**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V.**

**Fuente: RECYNTER SA.**

Después el fundidor o refinar lo convierte, mediante fusión, en lingotes, tochos, productos de desoxidación, entre otros.

Como se ha comentado antes, hay muchos tipos de aluminio recuperado, y cada calidad puede tener salidas diferentes. Según la pureza del material, éste será utilizado para una aplicación u otra. Dentro de los productos laminados, nos podemos encontrar, por ejemplo, con los botes, que se pueden usar para fabricar aluminio refinado para volver a hacer botes si son nuevos o han sido muy bien clasificados a su llegada al recuperador y otros productos de aluminio.

También, dentro de los productos laminados, están los recortes de fabricación de muy diversas aleaciones, que pueden ser utilizados para fabricar lingotes de la misma o de diferentes aleaciones. El aluminio de chapas litográficas y cables eléctricos, es un aluminio muy puro por lo que su aplicación en el reciclado es



bastante amplia, utilizándose para la fabricación de aleaciones de alta pureza o, mediante mezcla, para reducir los porcentajes de aleantes presentes en otras chatarras recuperadas. Dada la versatilidad de utilización de estos materiales de alta pureza, su precio es el más caro del mercado de la recuperación.

**Figura 2.5.- Recortes de fabricación**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V.**

**Fuente: Centro de almacenamiento de la Empresa.**

**Figura 2.6.- Aluminio puro**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V.**

**Fuente: Bodega de Almacenamiento de la Empresa.**

El aluminio "cárter" procedente de llantas de coche, culatas, bloques o cárteres de motor, piezas de fundición, etc., se destina a la fabricación de lingotes con destino a ser fundidos y moldeados, siendo el porcentaje más alto de los lingotes que se producen por las plantas de segunda fusión, aproximadamente un 70% del total de su producción. Las mismas salidas tienen las virutas de aluminio, procedentes del torneado de piezas fundidas.

**Fig. 2.7.- Aluminio cárter.**



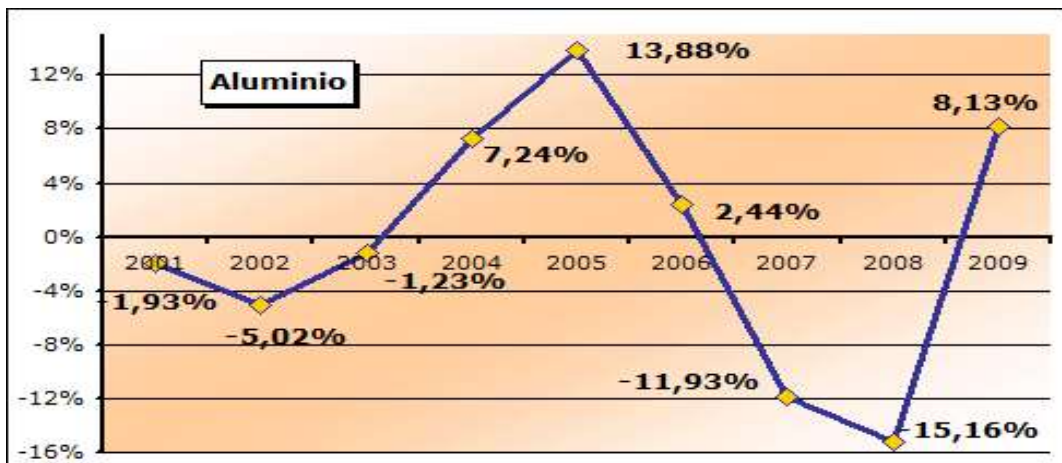
**Fuente: Ribafarre.com**

### **2.3.2 Comercialización.**

A la hora de comercializar con el aluminio, hay que tener en cuenta los factores que influyen en su precio. A priori, el más cotizado será siempre el material más puro, como es el caso del aluminio cable, que contiene un 99,7% de pureza, por lo que se puede destinar para cualquier otro uso. Es decir, cuanto más puro es el material, más salidas puede obtener. El precio está condicionado, además, por los diferentes materiales aleados que contiene la chatarra.

También una parte del aluminio recuperado, en efecto, puede tener revestimientos, lacados, etc., con lo que su precio es más bajo por el efecto de las mermas y por los sofisticados sistemas de filtrado de humos que encarecen el reciclado.

**Figura 2.8.- Medias de Indices de Precios de Materiales.**



Elaborado por: Henry A. Jácome V.

Fuente: Federación Minera del Perú

### 2.3.2 Beneficios del Reciclaje.

El reciclaje nos beneficia en muchos aspectos, ya que de este se pueden aprovechar la reutilización de materiales que han dejado de ser de mayor utilidad, esto ayuda de alguna manera a la disminución de la contaminación global.

- Se reduce los vertederos la contaminación del aire en un 20% al quemar menos combustible.
- Se ahorra energía.
- Se reducen los costos de recolección.
- Se reduce el volumen de los residuos sólidos.
- Se conserva el ambiente y se reduce la contaminación.
- Se alarga la vida útil de los sistemas de relleno sanitario.
- Hay remuneración económica en la venta de reciclables.
- Se protegen los recursos naturales renovables y no renovables.

- Se ahorra materia prima en la manufactura de productos nuevos con materiales reciclables.

El reciclaje permite conservar y utilizar energía, materiales y productos. Si se conserva más de lo que se usa, se pueden ahorrar materiales, dinero y degradación ambiental. En el proceso, el reciclaje puede además reducir el nivel de dependencia de las importaciones de productos extranjeros, crear empleos y empresas en pequeña escala, y además desarrollar capacidad de industrialización a través de la reparación y la re fabricación.

El ahorro de energía se da al reciclar metales. Por ejemplo, producir cobre a partir de chatarra aislada requiere sólo un décimo de la energía necesaria para producir el mismo metal a partir del cobre mineral virgen.

En el reciclaje del magnesio se ahorra un 97% de energía, y el reciclaje de aluminio representa una economía energética de 96%. Utilizar chatarra en lugar de hierro mineral para fabricar acero representa ahorros energéticos equivalentes a un 74%.

El aluminio es una materia prima no ferrosa que se encuentra presente en nuestra vida cotidiana a través de los envases de alimentos y bebidas. Este metal no férreo es utilizado también en sectores como el de la construcción, el energético, el de los transportes o la sanidad, por lo que su consumo ha crecido de forma progresiva. El aluminio puede ser reutilizable al 100% y puede fundirse de forma continua sin perder sus propiedades. Se puede almacenar y transportar de forma sencilla comprimiéndolo. Del reciclaje de aluminio se aprovecha todo consiguiendo nuevos lingotes a través del reciclado que consume hasta un 95% menos de energía en comparación con la que se hace a partir del tratamiento de su materia prima, la bauxita. Por esta razón se realiza la búsqueda de mejoras para el aprovechamiento de este metal que tiene repercusiones positivas para el consumidor industrial.

El reciclado del aluminio es un proceso complejo, en el que intervienen diversos factores. Tanto sus canales de recuperación como sus aplicaciones y

los mercados presentan múltiples posibilidades ya que este es uno de los negocios más rentables en la industria. Los lingotes se convierten en materia prima fundamental para los procesos de extrusión al combinarse con otros componentes adquiere nuevas propiedades para una fácil manipulación, parte de la materia prima que es rechazada puede ser reutilizada logrando obtener grandes beneficios en la disminución de contaminantes para el medio ambiente.

El tema del aluminio, sus propiedades y el reciclaje fue necesario introducirlo para poder conocer el marco teórico y su entorno así podemos reconocer la propiedades, usos, aplicaciones del aluminio y sus aleaciones, además de las bondades que brinda el reciclaje no solamente del aluminio, sino de otros metales, para quien o quienes lo procesan y el medio-ambiente en general.

En el capítulo siguiente se abordan los centros de acopio de la chatarra de aluminio para de esta manera determinar si lo que se produce (recolecta) internamente en el Ecuador abastece la demanda del proyecto, o si haría falta importar materiales de otros países y las implicaciones en costo que esto representaría. Se mencionan centros nacionales e internacionales con una breve descripción y su producción.

#### **2.4 Marco de Referencia Conceptual.**

**Aleación de aluminio 6063<sup>a</sup>.**- es una variación de la 6063 pero con una resistencia superior. La ventaja de la aleación de aluminio 6063A es que conserva sus buenas propiedades de acabado superficial.

**Aleación de aluminio 6060<sup>a</sup>.**- es una aleación comercial general y es la de uso más extendido. Es muy adecuada para anodización y, por lo tanto, proporciona una protección extra en caso necesario, y un acabado decorativo.

**Aleación de aluminio 6061<sup>a</sup>.**- es una aleación comercial de alta / media resistencia. Ofrece una gama de buenas propiedades mecánicas y buena resistencia a la corrosión.

**Aleación de aluminio 6005<sup>a</sup>.**- es una aleación comercial de resistencia media, posee una resistencia más alta que las aleaciones 6063 y 6060, pero es más dura de extruir. La aleación 6005 tiene buena capacidad de soldadura y resistencia a la corrosión.

**Alear.**- Mezclar o fundir dos o más elementos químicos, de los cuales al menos uno es un metal, para obtener una aleación.

**Aluminio.**- De símbolo Al, es el elemento metálico más abundante en la corteza terrestre. Su número atómico es 13 y se encuentra en el grupo 13 de la tabla periódica.<sup>1</sup>

**Argón.**- Gas inerte usado como medio para desgasificar la colada de aluminio en la unidad desgasificadora a la salida del horno.

**Bauxita.**- Es una roca compuesta por hidróxidos de aluminio que generalmente se encuentra en los climas tropicales y subtropicales húmedos.

**Canales y sistema de control de flujo de aluminio a la salida del horno** (cono de regulación).

**Chatarra.**- (Del eusk. txatarra, lo viejo). f. Escoria que deja el mineral de hierro. || 2. Conjunto de trozos de metal viejo o de desecho, especialmente el hierro.

**Equipo de carga.**- Cargador de chatarra de aluminio + balanza + plataforma de trabajo para adicionar químicos y remover la escoria.

**En 1886, Charles Martin Hall en Estados Unidos y Paul L. T. Héroult.**- En Francia descubrieron por separado y casi simultáneamente que el óxido de aluminio o alúmina se disuelve en criolita fundida ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), pudiendo ser descompuesta electrolíticamente para obtener el metal fundido en bruto.

**Extrusión:** es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de una matriz deseada

**Fundición.**- f. Acción y efecto de fundir o fundirse. || 2. Fábrica en que se funden los metales.

**Homogeneizar**, tr. Hacer homogéneo, por medios físicos o químicos, un compuesto o mezcla de elementos diversos.

**Horno de fusión.**- Compuesto por 2 cámaras: fusión y colado (casting).

**Lingote.**- (Del fr. lingot). m. Trozo o barra de metal en bruto, y principalmente de hierro, plata, oro o platino. || 2. Masa sólida que se obtiene vaciando el metal líquido en un molde.

**Materiales cerámicos.**- Utilizados en los canales, Tundish y para la preparación de los moldes.

**Materiales varios.**- Barras de grafito, aceite para corte, polvo desmoldante.

**Mesa de salida.**- Sistema de conveyor de cadena que guía los lingotes luego del Tundish.

**Moldes.**- Elementos de aleación de cobre que dan la forma circular a los lingotes. Se encuentran refrigerados con agua y poseen un sistema de lubricación con aceite vegetal biodegradable. Para controlar el flujo que se requiere, los moldes están acoplados a varios elementos cerámicos (placas, empaques).

**Nitrógeno.**- Utilizado como sustituto del argón en la cámara de casting con el propósito principal de agitar la colada y mantenerla homogénea.

**Óxido de aluminio o Alúmina.**-  $Al_2O_3$ , óxido que se encuentra en la naturaleza más frecuentemente en la bauxita.

**Sierra volante.**- Sierra que corta los lingotes a la longitud requerida en forma dinámica.

**Sistema de conveyor.**- Sistema de transporte y corte de perfiles.

**Sistema de combustión.**- 2 quemadores (1/cada cámara)+ ducto de salida de gases de escape + sistema recuperador de calor + panel de control.

**Tibor.**- (titanio-boro) Utilizado como refinador de grano.

**Tundish + filtro.**- Utilizado para filtrar las posibles impurezas presentes en la colada y se encargan de alimentar el aluminio que se requiere en los moldes.

**Unidad desgasificadora.-** Compuesta por un rotor y un impeller de grafito que inyectan argón a la colada.

**Wastag.-** Proceso para la conformación de lingotes de aluminio.

## **CAPITULO III**

### **3.1 Historia de CEDAL S.A**

Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A., CEDAL, es una compañía ecuatoriana constituida en el año 1974 fundada por don Luis Gómez Izquierdo, tiene una participación de mercado del 65% en el país su propósito es producir y comercializar perfilaría y otros productos extruidos de aluminio para uso arquitectónico y estructural.

Inició sus actividades productivas en el año 1976, y actualmente es el líder en la producción y distribución de perfiles de aluminio en el Ecuador con más de 40



distribuidores exclusivos en todo el país. Desde 1979 mantiene una sólida presencia comercial en Colombia a través de su compañía afiliada VITRAL, que posee centros de distribución en las ciudades de Cali y Bogotá.

En el año 2006, CEDAL diversifica sus líneas de producto ofreciendo al mercado productos complementarios a la perfilaría de aluminio, tales como vidrio plano, láminas de aluminio y sellantes para carpintería de aluminio.

Adicionalmente en el año 2006, CEDAL inicia su proceso de diseño e innovación a través del desarrollo de nuevos productos como es su Línea Evolución, la misma que está conformada por mamparas, puertas batientes y la puerta corrediza Múltiplex.

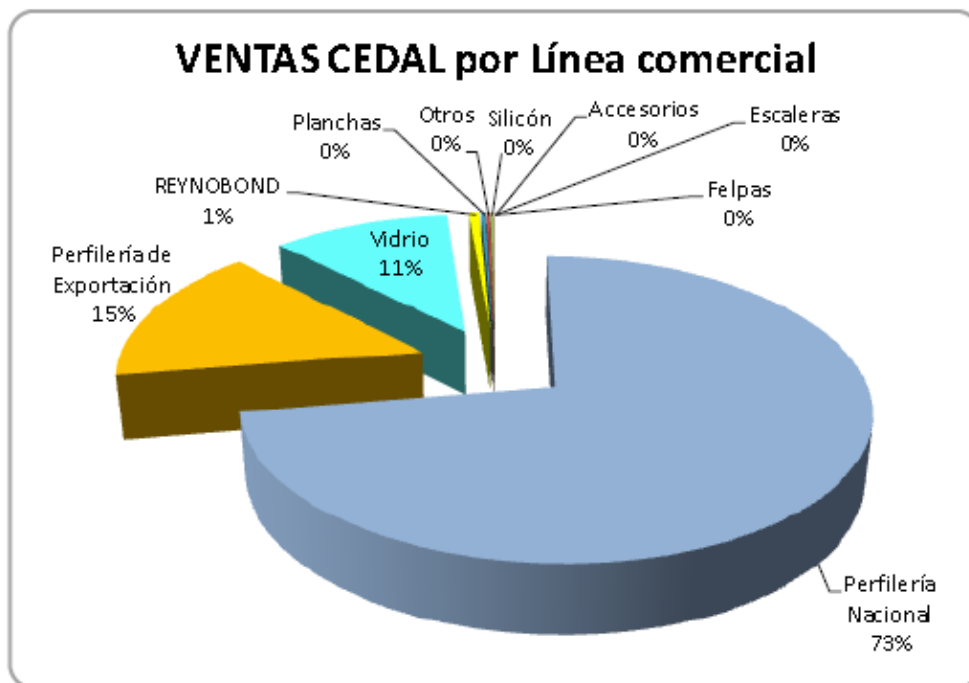
En el mes de octubre del 2007, CEDAL certifica su sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO 9001:2000, certificación que comprende la estandarización de procedimientos en la producción y comercialización de productos de aluminio.

CEDAL es ampliamente reconocida en el mercado nacional y extranjero por la calidad de sus productos, la confiabilidad e integridad de la empresa y su valiosa contribución al desarrollo de la industria del aluminio y la construcción.

Al año, la Fábrica de Extrusión, Anodizado y Pintado de Perfiles de Aluminio - ubicada en Latacunga, provincia de Cotopaxi- produce 6300 toneladas en perfilaría, de las cuales 5000 están destinadas para al mercado interno, que demanda 9 000 toneladas al año.

El resto de la producción la exporta a Colombia y Perú. La exportación de lingotes de aluminio representa para Cedal un ingreso anual de \$5 millones.<sup>2</sup>

**Figura 3.1 Ventas Cedal 2011**



\*REYNOBOND: Decoración arquitectónica con aluminio.

Fuente: CEDAL

Elaboración: BWR

**Elaborador por:** Henry A. Jácome V.

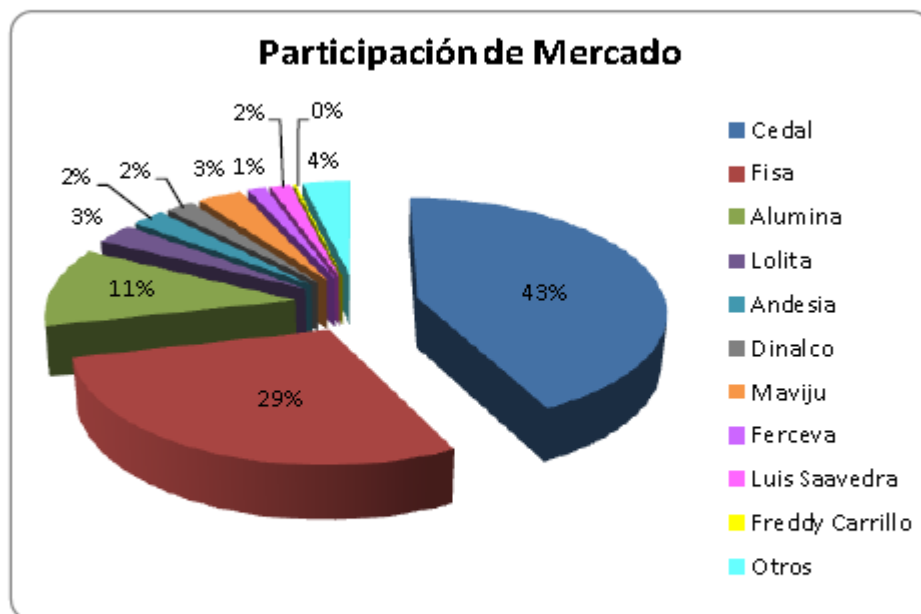
**Fuente:** Informe Calificación CEDAL Pag.3

La estrategia comercial de la empresa para los próximos años será crecer en la rama de mercadería que le reporta cerca de 7MM y que es en su mayoría a base de vidrio. Adicionalmente, en el 2011 CEDAL quiere aprovechar el crecimiento que está teniendo VITRAL en Colombia abriendo dos nuevos mercados en Medellín y Barranquilla.

A pesar de que las aplicaciones del aluminio son variadas y por tanto puede ser empleado en diversas industrias, la experiencia demuestra que las ventas de CEDAL sostienen una estrecha relación con el comportamiento del sector de la construcción no sólo ecuatoriano sino también colombiano en vista de su relación comercial con VITRAL. En el Ecuador la recuperación del sector de la construcción en el 2010 obedece a la expansión del crédito de vivienda proveniente principalmente del BIESS y al impulso generado por el Gobierno en cuanto a la construcción de vivienda popular, que es probable que se mantenga en este año 2011<sup>3</sup>.

**Fig. 3.2 Posicionamiento de la Empresa**

### **POSICIONAMIENTO DE LA EMPRESA**



CEDAL ha mantenido el liderazgo en el mercado ecuatoriano de perfilería de aluminio abarcando a Mar-11 el 42.64% de las ventas nacionales. Fundiciones Industriales S.A. (FISA)

**Elaborado por:** Henry A. Jácome V.

**Fuente:** Informe Calificación CEDAL Pag.6

6 Diario EL COMERCIO, "El sector de la construcción creció 20%", Enero 2011.

## **3.2. Metodología.**

### **3.2.1 Unidad de análisis.**

La unidad de análisis será la Empresa CEDAL S.A. ubicada en la ciudad de Latacunga.

### **3.2.2 Población y muestra.**

Se realizará un estudio al personal de fundición sobre el proceso de producción de lingotes de Aluminio de la unidad de análisis mencionada en el punto anterior.

### **3.2.3 Tipo de investigación.**

La investigación que se realizará es de tipo exploratorio o productivo, debido a que tomaremos de acuerdo a los datos de entrada del proceso y los procesos a los cuales serán sometidos arrojarán los resultados motivo de la investigación. Además se analizarán las causas y efectos de diferentes elementos para sensibilizar las variables citadas en las hipótesis.

### **3.2.4 Métodos de investigación.**

La metodología de la investigación se basará en un diagnóstico, análisis de datos y deducción de estos a partir de la medición sobre los procesos y sus costos, además se utilizará la observación para la obtención de datos.

### **3.2.5 Técnicas e instrumentos para obtener los datos.**

Se utilizará la observación y la recopilación de datos para poder obtener lo relevante de los procesos y analizarlos.

### **3.2.6 Tratamiento y análisis de datos.**

Los datos serán tabulados en tablas y cuadros para su posterior análisis, en base a la sensibilización de los datos, se lograrán resultados en las variables motivo de las hipótesis, los gráficos relevantes serán presentados para mejor comprensión de los resultados una vez culminado.

### **3.3 Procesos para la Transformación del Aluminio.**

En este punto de la investigación se hace necesario el análisis del proceso mismo de transformación de la chatarra de aluminio en Materia Prima que interesa a la Empresa objeto del estudio, así, en este apartado se determinarán de manera somera los diferentes subprocesos, para conocer sus volúmenes de producción, materiales empleados, obreros, equipos de seguridad, agua de consumo, además de un detalle del impacto ambiental lo cual genera costos adicionales.

#### **3.3.1 Clasificación de la chatarra de aluminio en la Industria.**

La industria clasifica al aluminio en primario, cuando se extrae de su mineral bauxita, y de segunda fusión, cuando su materia prima básica son las chatarras y recortes de aluminio provenientes de aluminio ya usado y de recortes de fabricación.

Se utiliza aquí el término "chatarra" en sentido amplio, como desechos de productos de metales no ferrosos que ya fueron utilizados, conscientes de que el sector recuperador aplica principalmente este término a los desechos de productos de hierro y acero.

Es importante una buena clasificación del aluminio, para darle una salida adecuada.

El proceso de clasificación de la chatarra de aluminio en la industria CEDAL S.A. Ubicada en la ciudad de Latacunga está conformado por los siguientes pasos continuos, antes del proceso de fundición del material reciclable.

#### **3.3.2.- Recepción de la Chatarra de Aluminio.**

El material reciclable antes de ser recopilado pasa a ser pesado, este proceso inicia al llegar al centro de acopio. El camión de aporte de chatarra es pesado al ingreso de la empresa con el fin de llevar un control de flujo de la entrada de la chatarra. Luego el camión es pesado después de haber sido descargado para restar su diferencia y determinar la cantidad del desembarque.

**Figura 3.3.- Camión sobre la balanza camionera.**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

**Fuente: Empresa CEDAL. SA.**

En la balanza camionera, su principal función es la de pesar la chatarra transportada por los proveedores primarios, la balanza es necesaria para determinar la cantidad de chatarra que se entrega para su clasificación y posterior proceso.

El área comprendida como centro de acopio para la chatarra de aluminio en la empresa CEDAL S.A. goza de un espacio particular que se aproxima a los 800 m<sup>2</sup>. Esta área posee las características necesarias para movilidad de los montacargas, para el fácil acceso y el posterior manejo del material reciclable.

Los paquetes se encuentran en un rango 385Kg. y 460 Kg., para su movilización se emplean montacargas.

**Figura 3.4.- Centro de almacenaje de chatarra de Aluminio.**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

**Fuente: Patios de Almacenamiento de la Empresa.**

### **3.3.3.- Clasificación de la Chatarra de Aluminio.**

Se continúa con el proceso de clasificación determinando el tipo sea gruesa o fina, este proceso se realiza con chatarra de aluminio nacional, salvo en casos excepcionales, con la finalidad de no encontrar impurezas de otros materiales contaminantes dentro de los paquetes que son entregados.

**Figura 3.5.- Clasificación de chatarra de aluminio**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

**Fuente: Centro de almacenaje de chatarra de la Empresa.**

Para la clasificación se emplea recurso humano y el trabajo se lo realiza manualmente, dicho personal procesa alrededor de 18 paquetes en un número de dos personas empleando 11 horas.

**Figura 3.6.- Clasificadores de chatarra.**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

**Fuente: Centro de almacenaje de chatarra de la Empresa.**



Los paquetes son transportados en cantidad de 400kg. Para su ingreso al horno fundidor, para esto tipo de transporte se hace necesario la utilización de un montacargas.

### 3.- Preparación para el proceso de fundición.

Hay muchos tipos de aluminio recuperados, y cada calidad puede tener salidas diferentes. Según la pureza del material, éste será utilizado para una aplicación u otra. Por tal razón antes del proceso de fundición se procede a:

- ❖ Limpieza: algunos de estos materiales reciclables suelen ser productos de aleaciones, o suelen estar con otro tipo de material (plástico), por tal motivo estos son separados para posteriormente retirar las distintas impurezas que posean.

**Figura 3.7.- Apilamiento de paquetes listos para el proceso de fundición.**





**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

**Fuente: Centro de almacenaje de chatarra de la Empresa.**

### **3.4.- Proceso de Fundición del Aluminio.**

En la industria de producción de aluminio secundario, la chatarra de aluminio se funde en un horno de llama directa diesel (CEDAL.SA.). Las impurezas se eliminan al quemarse en el proceso o manualmente al ser retiradas de la superficie de la “colada” generada hasta que el aluminio alcanza la pureza deseada.

**Figura 3.8.- Planta de fundición CEDAL S.A. ubicada en la ciudad de Latacunga.**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

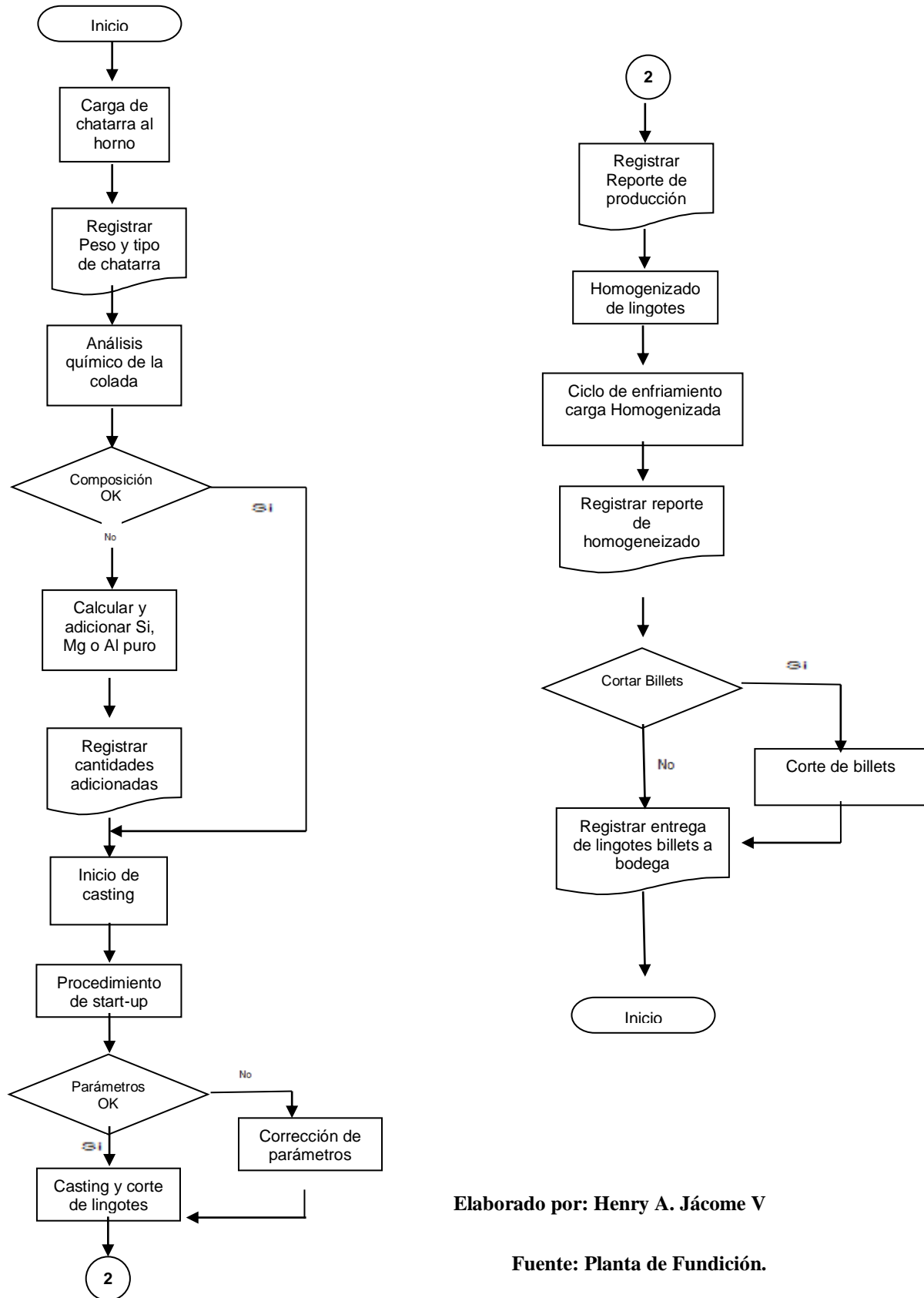
**Fuente: Planta de Fundición.**

### **3.4.1 Descripción del Proceso de Fundición.**

Es menester el comprender los procesos en una empresa del tal modo que se puedan considerar todas la variables intervinientes y considerar los costos subyacentes. No se podrían considerar las variables de un proceso sin conocer sus detalles, así el proceso de fundición de chatarra de aluminio que nos compete, no es la excepción y a continuación se realizará una descripción de los subprocesos para cubrir de una manera efectiva y pormenorizada los costos del proceso para determinar los resultados financieros del objeto de estudio.

La fundición del aluminio es esencial para la empresa, este es un proceso de fabricación de lingotes mediante el colado del material derretido en un molde, esta operación se la realiza bajo gravedad, todo el procedimiento resulta muy beneficioso pues todos los lingotes son elaborados con material chatarra de aluminio que son sobrantes de los proceso de extrusión y reciclaje industrial, cada uno de los lingotes son confeccionados debido a la abundancia de este material y también a la resistencia que tiene al calor, permitiendo además que los gases se liberen al ambiente durante el proceso de fundición. A continuación, se presenta el proceso por el que tiene que pasar la materia prima para alcanzar el material deseado (lingotes para extrusión).

**Figura 3.9.- Diagrama de flujo del proceso de fundición.**



Elaborado por: Henry A. Jácome V

Fuente: Planta de Fundición.

### **3.4.1.1 Equipos Principales.**

La empresa CEDAL S.A. posee una Planta de re-fusión de Aluminio tipo compacta de colado continuo de lingotes, la cual está compuesta de 3 partes principales:

1. Horno de fusión de aluminio + equipo de carga.
2. Equipo de casting (moldeo) de lingotes.
3. Horno de homogenizado.

Cada uno de estos equipos se encuentra conformado por diferentes partes/sub-equipos secundarios:

#### **3.4.1.2 Horno de fusión de Aluminio + Equipo de Carga.**

- Equipo de carga.
- Horno de fusión.
- Sistema de combustión.

#### **3.4.1.3 Equipo de Casting (Moldeo) de Lingotes.**

- Sistema de control de flujo de aluminio.
- Unidad desgasificadora.
- Refinador tabor
- Tundish + filtro.
- Moldes.
- Sistema de conveyor.
- Sierra volante.
- Sistema expulsor de lingotes.

#### **3.4.1.4 Horno de Homogenizado.**

- Carros de carga.

- Horno.
- Módulos de enfriamiento de lingotes

### **3.4.2 Materia Prima.**

Para el proceso de fundición se utilizan como materia prima:

1. Chatarra generada en los procesos de extrusión, anodizado, pintura y empaque de la planta CEDAL, reproceso.
2. Chatarra adquirida a proveedores externos, aleación 6063, 6060, 6061 o 6005.
3. Aluminio puro con pureza > 99.7% (aluminio primario).
4. Aluminio de 2da. Fusión aleación 6063, 6060, 6061 o 6005.

### **3.4.3 Elementos de Aleación e Insumos Principales.**

La aleación propuesta 6063, requiere controlar los siguientes elementos de aleación principalmente:

- Silicio
- Magnesio
- Hierro

Para poder mantener estos elementos dentro de los parámetros establecidos se adicionan Silicio y Magnesio y/o Aluminio puro a la colada de aluminio fundido, principalmente para diluir el hierro y otro maleante determinando la cantidad exacta a ser adicionada..

Como insumos principales tenemos los siguientes:

- Tibor (titanio-boro)

- Argón.
- Nitrógeno.
- Aceite lubricante.
- Materiales cerámicos.
- Materiales varios

En la empresa, el proceso de fundición comienza cuando un montacargas dispone de chatarra de aluminio en el alimentador tipo bandeja de gran tamaño que se desplaza sobre un par de rieles.

**Figura 3.10.- Alimentador tipo bandeja.**





**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

**Fuente: Planta de Fundición.**

El horno de fundición tipo compacto de dos cámaras con sistema de combustión a diesel abre una puerta y se permite el ingreso de la bandeja con chatarra al interior del horno.

La bandeja deja caer toda la chatarra. Luego el alimentador retrocede, extrayendo así la bandeja y cerrando la compuerta del horno.

Una vez alimentado el horno con chatarra y fundida la carga el metal fundido sale en forma de colada. La chatarra que ingresa al horno en un periodo de turno que demora 8 horas es constante y se consume en cantidad de 16 toneladas/ promedio.

- Capacidad del horno de fundición = 2 toneladas/hora.
- Capacidad total del horno de fundición = 2 toneladas x 8 horas.



Dando una capacidad de fundición de 16 a 14 toneladas de producción x turno de trabajo.

A continuación se muestra la cantidad de materiales consumida en 24 horas (día de producción).

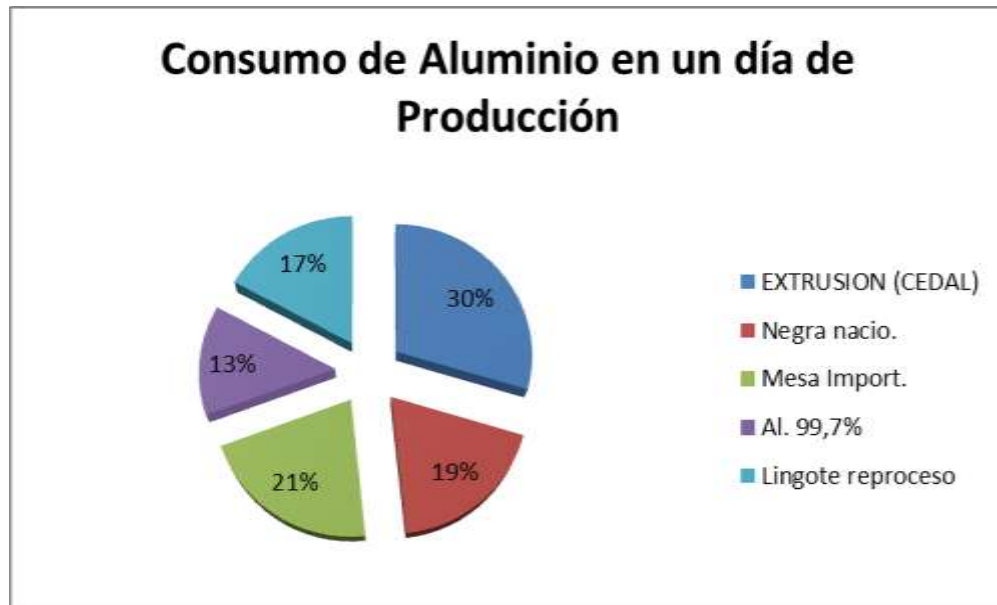
**Figura 3.11.- Aluminio puro > 99.5%, y Aluminio de aleación 6063, 6060, 6061 o 6005.**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

**Fuente: Centro de almacenaje de chatarra.**

**Figura 3.12.- Consumo del Aluminio y Chatarra durante un día de producción.**



Elaborado por: Henry A. Jácome V

Fuente: Planta de Fundición Producción Diaria.

Teniendo un consumo promedio de chatarra de aluminio de 16615 Kg por turno de trabajo dando una capacidad de producción de 51001 Kg por día. Este valor en kilogramos va variando por porcentajes los cuales ingresan al horno de fundición. Esto se hace con la finalidad de alcanzar los estándares de calidad previo uso para el proceso de maquinabilidad en el proceso de extrusión. Los valores se detallan a continuación:

Para el proceso de fundición a más del aluminio, la colada, se compone de otro tipo de elementos, razón por la cual se tiene que eliminar o a su vez compensar las pequeñas cantidades las cuales se manejan en un rango de valores máximos y mínimos los cuales se aprecian en la siguiente tabla.

En el año 2010 se tuvo unos parámetros de composición química según la tabla de rango de valores, la misma que fue modificada en el año 2011 en base a los resultados obtenidos de producción en el área de Extrusión, debido a que se obtenían rechazos por propiedades mecánicas (Baja Dureza) como se muestra en la tabla N° 3.2

**Tabla N° 3.1. Rango de valores estables en fundición año 2010.**

2010								
PARAMETROS DE COMPOSICION QUIMICA SEGÚN NORMA ASTM B221								
ALEACION	Composición Química (%)							
	Fe	Si	Mg	Mn	Cu	Zn	Cr	Ti
6063	máx. 0,35	0.20 - 0.60	0.45 - 0.90	máx. 0. 10	máx. 0. 10	máx. 0. 10	máx. 0. 10	máx. 0. 05
6005	máx. 0,35	0.60 - 0.90	0. 40 - 0. 60	máx. 0. 10	máx. 0. 10	máx. 0. 10	máx. 0. 10	máx. 0. 10
Fuente: CEDAL/ Dep. Fundición								
								FO-CC-07

**Elaborado por: Henry A. Jácome V/ Hernán Navas/ W. Real**

**Fuente: Norma ISO 6063<sup>a</sup>, 6061<sup>a</sup>, 6060<sup>a</sup>, Manual del Aluminio.**

Los componentes químicos son esenciales para el control de la colada, todas las aleaciones son monitoreadas para que los parámetros del lingote se mantengan dentro de la calidad establecida en la empresa para posterior análisis espectrométrico.

Dentro de la tabla de composición los elementos predominantes que se controlan son Si, Mg, Fe y Al Primario como se observa en la **Fig. 3.13 CONTROL DE CHISPEOS.**

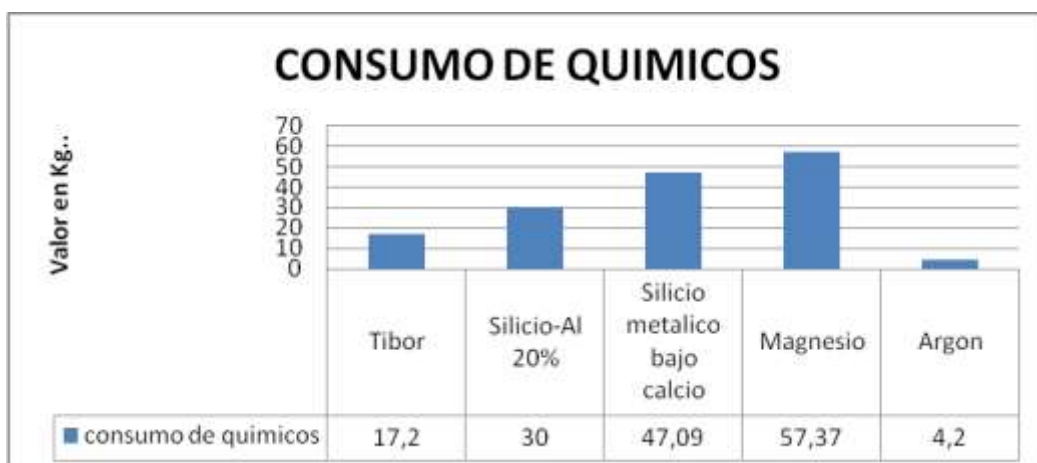
Sample: 17112 ARRANG[Cedal]SEGUNDO[W.REAL]6063[CEDAL]20H04[2011/11/17][2011/11/17][TUNDISH[W.REAL]Ing. Hernan Navas

	Al %	Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Zn %	Cr %	Ni %	Ti %
Ave	98,4	0,443	0,313	0,039	0,027	0,440	0,014	0,008	0,025	0,022
1	98,4	0,456	0,314	0,038	0,027	0,450	0,016	0,007	0,028	0,021
2	98,5	0,433	0,306	0,039	0,026	0,441	0,013	0,008	0,024	0,022
3	98,4	0,441	0,320	0,040	0,028	0,429	0,014	0,007	0,023	0,021
4										
5										
6										
7										
8										

	Be %	Ca %	Li %	Pb %	Sn %	Sr %	V %	Na %	Bi %	Zr %
Ave	<0,000	0,001	0,000	0,017	0,041	0,000	0,006	0,001	0,016	0,006
1	<0,000	0,001	0,000	0,016	0,045	0,000	0,006	0,002	0,015	0,006
2	<0,000	0,001	0,000	0,017	0,041	0,000	0,007	0,001	0,017	0,006
3	<0,000	0,001	0,000	0,019	0,037	0,000	0,006	0,001	0,018	0,006
4										
5										
6										
7										
8										

	B %	Ga %	Cd %	Co %	Ag %	Hg %	In %	Ce %	La %
Ave	0,003	0,021	0,011	0,008	0,004	<0,002	0,004	0,024	<0,002
1	0,003	0,022	0,011	0,010	0,004	<0,002	0,003	0,024	<0,002
2	0,003	0,021	0,011	0,006	0,004	<0,002	0,005	0,024	<0,002
3	0,003	0,021	0,012	0,009	0,004	<0,002	0,005	0,024	<0,002
4									
5									
6									
7									
8									

**Figura 3.14. Componentes químicos consumidos en un día de trabajo.**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

**Fuente: Planta de Fundición.**

El consumo total de cada uno de los componentes químicos durante un periodo de trabajo se anota en siguiente tabla.

**Tabla N° 3.2. Componentes químicos consumidos en un día de trabajo.**

Componentes químicos	
Tibor (titanio-boro)	14,92 kg.
Silicio de aluminio	50 kg
Magnesio	70 kg.
Gas argón	5m3

**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

**Fuente: Planta de Fundición.**

Durante el trayecto de la colada de aluminio por los canales esta sale del horno con impurezas que flotan en la parte superior de la colada, por esto pasa por un elemento denominado cámara de desgasificación, la cual se encarga de separar las impurezas de la misma mediante un sistema rotacional. Al metal fundido se lo inyecta gas argón para poder eliminar los gases, terminando el periodo hasta llegar al tundish, el cual está conformado por unas matrices en forma cilíndrica, el proceso de formación de los lingotes es por simple gravedad. Al tomar forma cilíndrica del molde, el metal fundido se desliza lentamente debido a la lubricación que poseen los moldes, a la salida del molde es continuamente rociado con agua el lingote para lograr un enfriamiento abrupto. El sistema de convoyar de cadena es la guía de los lingotes, este circula para luego ser cortado el lingote, la sierra esta calibrada para realizar cortes modificados por lo que se consigue barras de diferentes longitudes. Para culminar el proceso de los lingotes de aluminio las barras son dispuestas sobre la mesa expulsora de lingotes los que son retirados para su proceso posterior de Homogenizado.

**Figura 3.15 Lingotes sobre la mesa expulsora.**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

**Fuente: Planta de Fundición.**

Las virutas de aluminio producto del corte de las barras son succionadas y almacenadas para ser compactada o briquetada posteriormente. Por su parte, el agua de enfriamiento de las barras de aluminio, que es agua de pozo ablandada, es re circulada hacia las torres de enfriamiento.

Cuando el material entra en el periodo de fundición, se analizan muestras de cada paquete para evitar se introduzca en el horno sustancias no indicadas que puedan alterar el proceso de producción.

Las barras de aluminio ya enfriadas son luego introducidas en un horno de homogeneizado, donde recibe el tratamiento térmico final que en promedio tarda 8 horas aproximadamente. Al salir de este horno las barras ya están listas para ser utilizadas en el proceso de extrusión; previa verificación o liberación del material producido por parte de un Auditor Interno de Calidad.

Para el control de calidad, de la colada se toma una pequeña muestra la cual es analizada en el espectrómetro, este aparato muestra de manera general la cantidad de elementos concentrados, después de realizar este análisis y si no cumple con el control de calidad, pasa a ser retirado la barra de aluminio obtenida de esta colada, y se corrige a la par su composición para su posterior reproceso. Contribuyendo de forma general al reciclaje de la chatarra de aluminio.

#### **3.4.4 Horno de Fundir.**

El horno de fundición tipo HERTWICH se encuentra a una temperatura de 730 °C promedio, durante el proceso de fundición la colada de aluminio recibe aportaciones en cantidades pequeñas de Titanio (Ti) y Boro (Br). La planta de fundición de aluminio, usa la escoria, además de la chatarra. La escoria es un subproducto de la fundición de aluminio primario. Este proceso reduce aún más la contaminación resultante de la producción de aluminio primario. Contiene flujos y diversas concentraciones de aluminio. "aluminio segunda fusión" se refieren al aluminio que no tiene consistencia pura del 99% de Aluminio como es el caso de ALUAR debido a que es mezclado con otros agentes.

**Figura 3.16 Horno fundidor**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

**Fuente: Planta de Fundición.**

La limalla se almacena, para posteriormente ser procesada mediante un sistema de compactación, el aluminio fundido es el recogido en la parte inferior del horno que durante el proceso de mantenimiento esta son retiradas. La escoria de sal resultante es un producto de los desechos.

### **3.4.5 Homogenización de los lingotes de Aluminio**

El término recocido de homogenización se refiere al tratamiento térmico de un material expuesto a elevada temperatura durante un periodo de tiempo y, luego, enfriado lentamente. Comúnmente el homogenizado se lleva a cabo para:

- a. Eliminar tensiones;
- b. Incrementar la plasticidad, la ductilidad y la tenacidad y/o
- c. Producir una microestructura específica.

Este tratamiento térmico produce cambios micro estructural, responsable de la modificación de las propiedades mecánicas. El proceso de homogenizado consta de tres etapas:



1. Calentamiento a la temperatura prevista,
2. Mantenimiento o “impregnación térmica” a esta temperatura y
3. Enfriamiento, generalmente hasta temperatura ambiente.

#### **3.4.5.1 Duración de la Homogenización.**

La duración de permanencia de temperatura puede variar de 5 a 48 horas según la aleación, las dimensiones y formas de las piezas, la carga de los hornos y su potencia, es necesario indicar que la homogenización no comienza verdaderamente más que cuando se ha alcanzado la temperatura en toda la masa metálica.

El tiempo es un parámetro importante en estos procedimientos. Durante el calentamiento y el enfriamiento existen gradientes de temperatura entre el interior y la superficie de la pieza, esta magnitud depende del tamaño y geometría de la pieza. Si la velocidad de cambio de temperatura es grande, se genera un gradiente de temperatura que induce tensiones internas que pueden conducir a deformaciones incluso al agrietamiento. El tiempo de homogenizado debe ser suficientemente largo para permitir la necesaria reacción de transformación. El homogenizado se acelera al aumentar la temperatura, ya que representa un proceso de difusión.

Convirtiéndose el proceso de homogenizado en una etapa fundamental para obtener perfiles de aluminio de buena calidad, HUFNAGEL, W. (2000) manifiesta que:

“En la actualidad la mayoría de los tochos de fundición destinados a extrusión, se homogenizan, para conseguir una estructura con mayor ductilidad favorable para el proceso de extrusión”.

#### **3.4.5.2 Consecuencias de la Homogenización.**

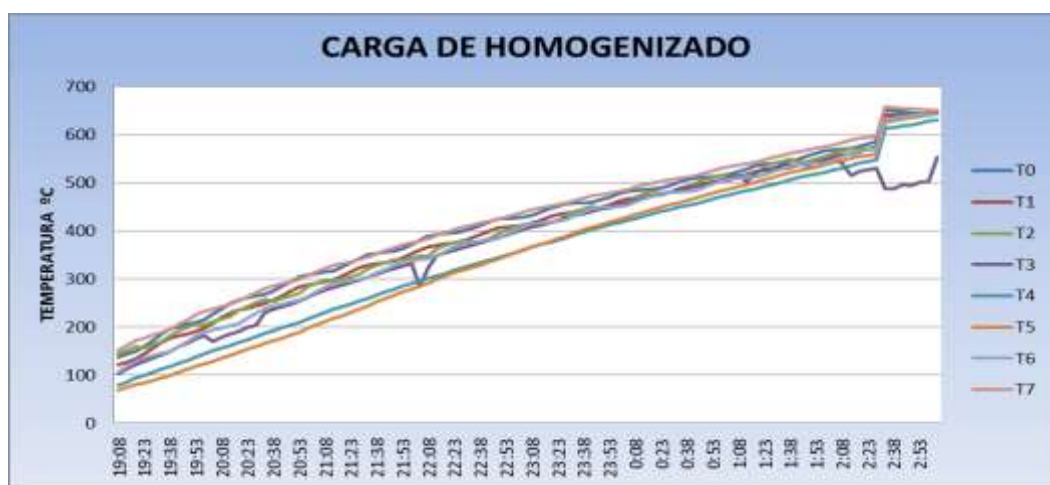
Los tratamientos de homogenización son tanto más eficaces si se aplican en el estado fundido, o con una ligera acritud dando lugar a la siguiente variación de propiedades:

- a. Las aleaciones responden más rápidamente a los tratamientos térmicos posteriores (recocido, temple, maduración artificial).
- b. Las características mecánicas son generalmente mejoradas.
- c. Se mejora la plasticidad en caliente: la laminación, la extrusión, la forja, son más fáciles de realizar.
- d. Se mejora la maleabilidad en estado recocido; disminuye el límite elástico y aumenta el alargamiento.
- e. Por encima de los 600°C el tratamiento puede llegar a ser peligroso para la cohesión.
- f. Si el metal se destina para anodizado el aspecto general y el brillo ya mejorados por la homogenización a 540°C, sufrirán una mejoría más importante cuando la homogenización se realice a 600°C. Si se trata de obtener, sobre todo las características mecánicas óptimas, es suficiente la homogenización entre 540-550°C.

### 3.4.5.3 Curva de temperatura de Homogenización.

La curva ideal de la temperatura de homogenización de lingotes de aluminio de aleación 6063, como se observa en la Fig. 3.17, cumple las siguientes etapas:

**Figura 3.17 Curva de Temperatura**

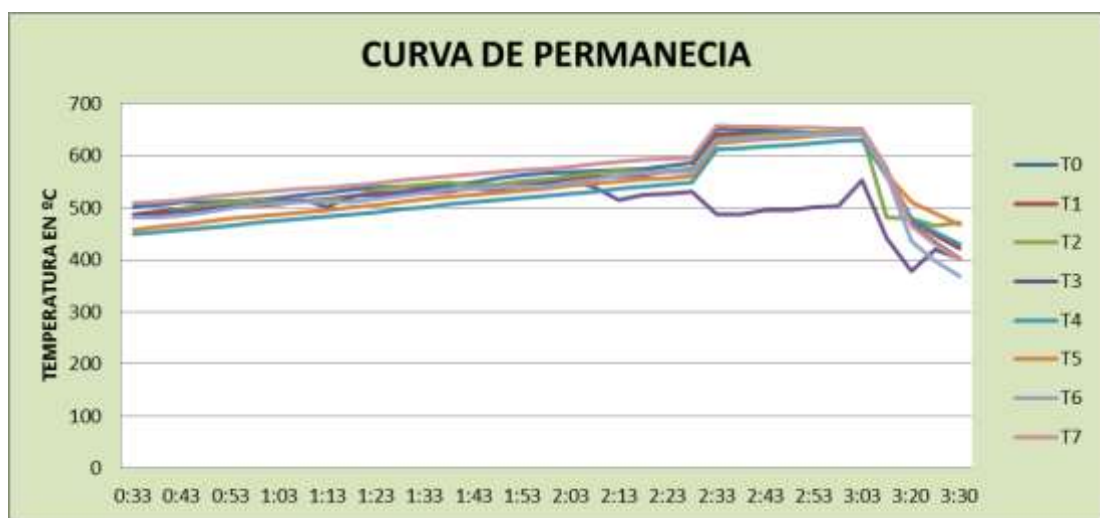


Elaborado por: Henry Jácome – Ing. William Real.

Fuente: Planta de Fundición.

- a) Calentamiento; es el tiempo que tarda el equipo térmico en llegar a la temperatura óptima que oscila en los 560°C, para empezar el proceso de homogenización del aluminio.
- b) Mantenimiento o permanencia; es el período donde se mantiene estable la temperatura para realizar la homogenización.
- c) Refrigeración; es el enfriamiento de la etapa final del homogenizado que puede llevarse a cabo sin control en el aire ambiente por convección natural, o en una velocidad de enfriamiento controlado por convección forzada con aire o agua,

**Figura 3.18 Curva de Permanencia.**



Elaborado por: Henry Jácome – Ing. William Real.

Fuente: Planta de Fundición.

El proceso de homogeneizado o el tratamiento térmico que se aplica al aluminio y sus aleaciones son: El recocido de estabilización, el recocido contra acritud, el recocido de homogeneización, el temple de precipitación y la maduración artificial.

No todos los tratamientos citados pueden aplicarse y se aplican al aluminio y sus aleaciones, pues hay algunas de éstas que no endurecen con el temple.

**Figura 3.19 Horno de Homogeneización cargado.**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

**Fuente: Planta de Fundición**

El tratamiento térmico está compuesto por una cámara de calentamiento y una cámara de enfriamiento por aire forzado.

El control de la temperatura se realiza en forma general mediante termocuplas ubicada dentro del horno.

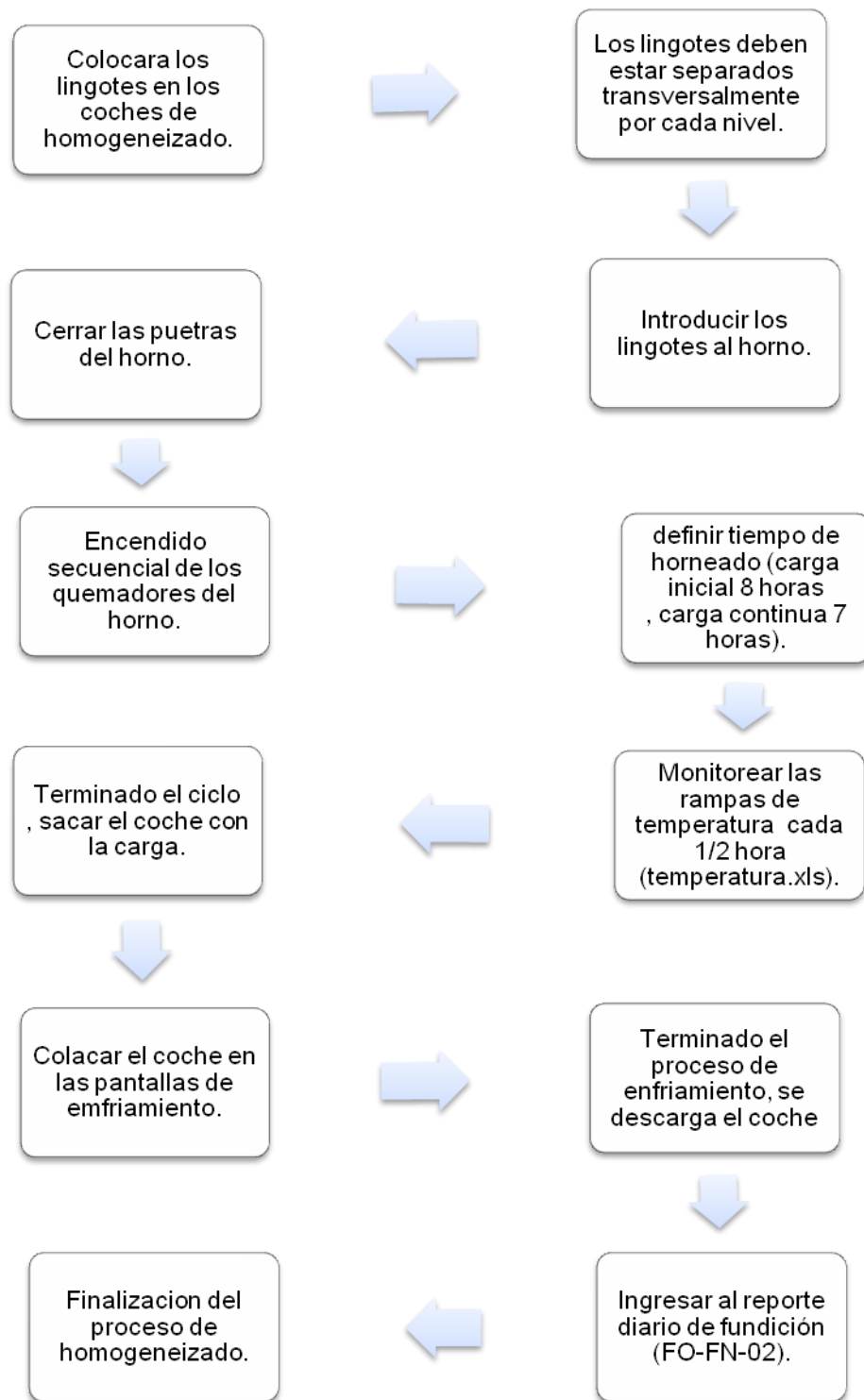
A lo largo del proceso la temperatura es  $< 800^{\circ}\text{C}$ , la cual es monitoreada constantemente. Estos datos son registrados en forma continua lo cual permite conocer tanto la temperatura y tiempo de homogeneizado como la velocidad de enfriamiento. La trazabilidad de esta información es monitoreada con HMI (Human Machine Interface).

Todo ello asegura una alta reproducibilidad del tratamiento de homogeneización, garantiza la producción de barros de aluminio de calidad metalúrgica constante, con muy buen nivel de extrusión para la fabricación de perfiles con propiedades finales uniformes.

#### **3.4.5.1 Pasos a seguir para el Proceso de Homogeneizado**

El proceso es un direccionamiento de una serie de pasos para el homogeneizado de los lingotes de los cuales al terminar el ciclo del tratamiento térmico pasa a revisarse con el espectrómetro para garantizar la calidad del lingote.

**Figura 3.20**  
**Proceso de Homogeneización.**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

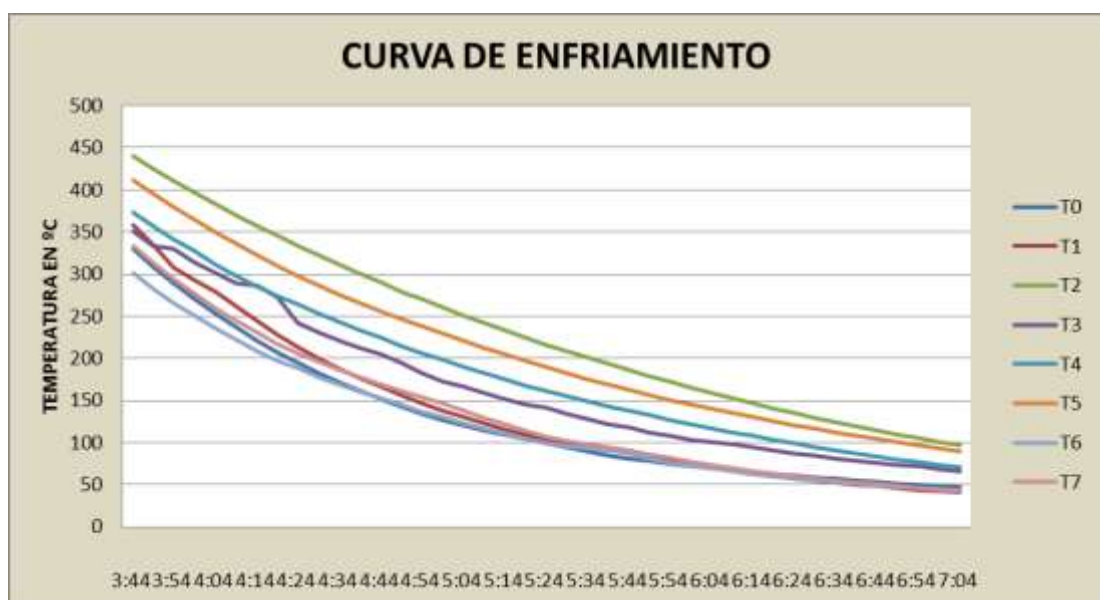
**Fuente: Planta de Fundición.**

Todo este proceso tiene por objeto uniformar la composición química y el grano de las aleaciones de aluminio que son propensas a heterogeneidad química y estructural; el recocido se realiza a temperaturas comprendidas entre 450°C y 550°C durante un tiempo comprendido entre 15 y 60 minutos. A estas temperaturas se facilita la difusión de los elementos y la disolución de otros como el silicio.

Con este tratamiento se consigue también la regeneración de las aleaciones endurecidas por el temple, anulando los efectos de éste y volviéndolas a su estado natural.

El enfriamiento debe ser en un rango de -300°C en la primera hora (para mantener los aleantes en suspensión en la estructura obtenida, luego no tiene importancia el rango de enfriamiento como se muestra en la Fig. 3.21

**Fig. 3.21 Curva de Enfriamiento**

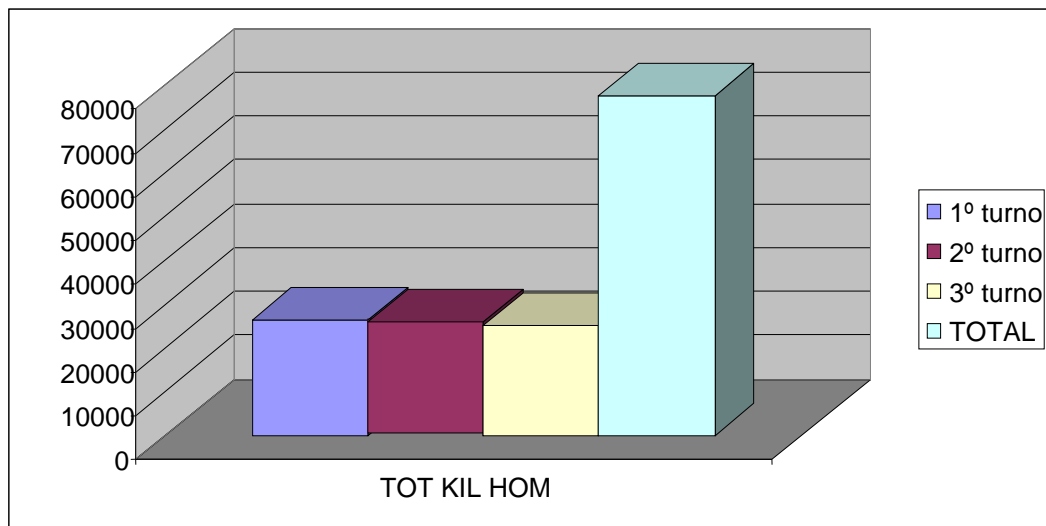


**Elaborado por: Henry Jácome – Ing. William Real.**

**Fuente: Planta de Fundición.**

Los lingotes son apilados en varias filas cumpliendo con una cantidad de 140 lingotes dando total de 26334,49 Kg por turno de trabajo. Por un periodo de 8 horas logrando tener en producción alrededor de 79.002,66 Kg por día de trabajo.

**Figura. 3.22 Producción de lingotes homogeneizados en un Turno de Trabajo.**



**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

**Fuente: Planta de Fundición.**

Culminado el proceso de homogeneizado cada uno de los lotes de lingotes son revisados para determinar si posee las características pertinentes para el proceso de extrusión, teniendo un rechazo de 3.25%.

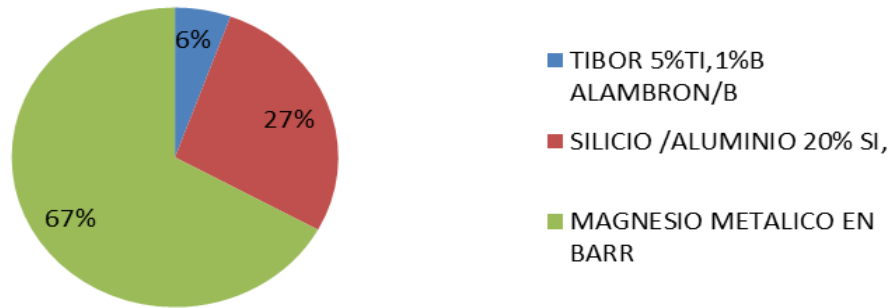
Diariamente se procesa aproximadamente 45.000Kg formados en barras cilíndricas de tres dimensiones diferentes, dependiendo del pedido para la extrusión de la materia prima. Con un consumo mensual de 843.950,2 Kg. (844 toneladas métricas).



**Figura. 3.23 Consumo de chatarra, químicos y producción 2010 de un día de Trabajo.**



## CONSUMO DE QUIMICOS



## PRODUCCION 2010



Elaborado por: Henry A. Jácome V.

Fuente: Planta de Fundición Reportes Diarios.

Generando un consumo promedio mensual de consumo de chatarra de aluminio durante los siguientes meses.

**Tabla N° 3.3.- Consumo de chatarra.**

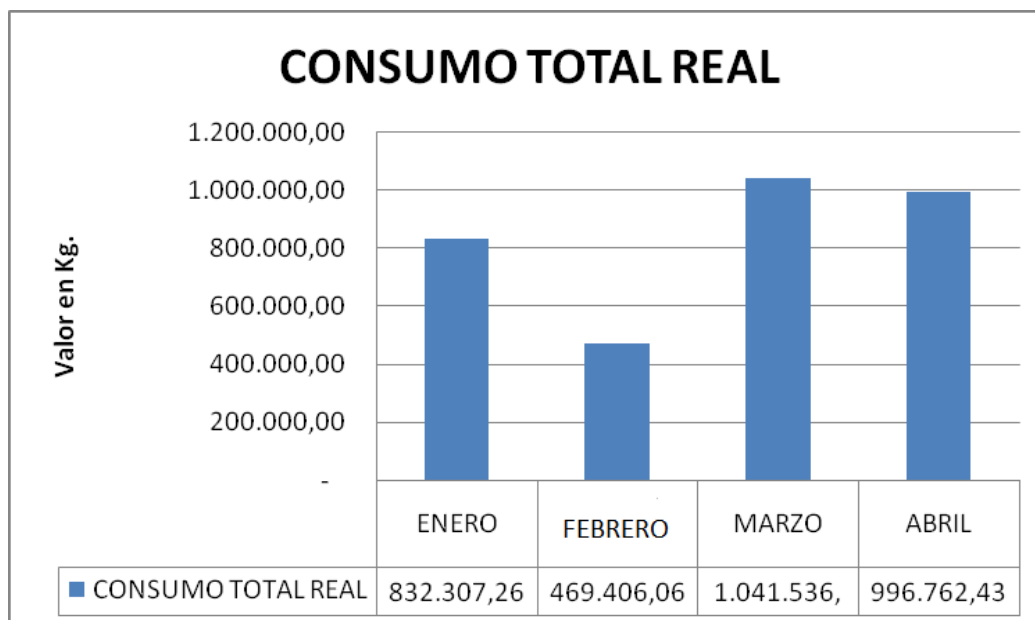
MES	Kg. Consumidos en el horno de Fundición.
ENERO	843.950,2

FEBRERO	469.732
MARZO	1'036.529
ABRIL	990.867

Elaborado por: Henry A. Jácome V

Fuente: Planta de Fundición.

Figura 3.24 Consumo de chatarra para el Horno de Fundición.



**Elaborado por: Henry A. Jácome V**

**Fuente: Tabla N° 3.3**

Las toneladas generadas desde la planta de fundición dentro de un promedio mes, después de que los lingotes pasen por el horno de homogeneizado se mantienen en un promedio son de 699.212,54 Kg. La materia prima o insumo del producto terminado pasa a ser procesada en la industria CEDAL SA que generalmente son barras cilíndricas, para su posterior proceso interno en de la planta de extrusión.

Luego de analizar los pormenores del proceso de fundición del aluminio para su posterior tratamiento como materia prima de un proceso de extrusión, debemos abordar la parte más sensible de la investigación, el análisis y determinación de los costos asociados al proceso integral de mejora al proceso de producción de lingotes de aluminio 6063, los cuales se analizan en el capítulo siguiente con su respectivo muestreo en el laboratorio de Extrusión que determinará la factibilidad y rentabilidad del proyecto motivo de la presente tesis.

### **3.5 Extrusión.**

En 1797, [Joseph Bramah](#) patentó el primer proceso de extrusión para hacer un tubo de plomo. Éste consistía en el precalentamiento del metal para luego pasarlo por un troquel mediante un émbolo a mano. El proceso no fue desarrollado sino hasta 1820, cuando Thomas Burr construyó la primera prensa hidráulica. Hasta ese momento el proceso se llamó *squirting*. En 1894 Alexander Dick expandió el proceso de extrusión al cobre y aleaciones de bronce.

#### **3.5.1 Proceso de Extrusión.**

El proceso comienza con el calentamiento del material. Éste se carga posteriormente dentro del contenedor de la prensa. Se coloca un bloque en la prensa de forma que sea empujado, haciéndolo pasar por una matriz. Si son requeridas mejores propiedades, el material puede ser tratado mediante calor o trabajado en frío.

El radio de extrusión se define como el área de la sección transversal del material de partida dividida por el área de sección transversal del material al final de la extrusión. Una de las principales ventajas del proceso de extrusión es que este radio puede ser muy grande y aún producir piezas de calidad.

El primer elemento de la línea tiene que cumplir con tres requisitos básicos:

- a. Continuamente reunir la materia prima en estado sólido y fundido.
- b. Continuamente fundir la materia prima.
- c. Homogenizar la materia prima térmica y físicamente.

Siendo el proceso de homogenización de fundamental importancia para conseguir lingotes de aluminio con mayor ductilidad que facilite el posterior proceso que es la extrusión, donde se requiere materia prima maleable, por estos aspectos existe una relación entre los procesos de extrusión y de homogenizado, como lo comenta SHEPPARD,T.(1999) donde menciona que:“La estructura y subestructura de la materia a la salida de la prensa de extrusión está directamente relacionada con la homogenización”.

**Fig. 3.25 Prensas**

**Aluminio y  
en mesa.**



**Extrusoras de  
perfilaría extruida**

### **3.5.2 Extrusión en caliente**

La extrusión en caliente se hace a temperaturas elevadas para evitar el trabajo forzado y hacer más fácil el paso del material a través de la matriz. La mayoría de la extrusión en caliente se realiza en prensas hidráulicas horizontales con rango de 250 a 12.000 t. Rangos de presión de 30 a 700 MPa (4400 a 102.000 psi), por lo que la lubricación es necesaria, puede ser aceite o grafito para bajas temperaturas de extrusión, o polvo de cristal para altas temperaturas de extrusión.

**Fig. 3.26 Perfilaría Extruida.**



Elaborado por: Henry A. Jácome V.

Fuente: Área de Extrusión.

## **CAPITULO IV**

### **4. Análisis de Producción y Rechazo año 2010.**

La construcción es el mercado más grande de la industria del aluminio; se emplea en puertas, cerraduras, ventanas, pantallas, boquillas y canales de desagüe; también es uno de los productos más representativos en la construcción industrial.

El transporte constituye el segundo gran mercado para el aluminio; en automóviles, en vehículos pesados el aluminio aparece en interiores y exteriores como molduras, parrillas, rines, acondicionadores de aire, transmisiones automáticas y algunos radiadores, bloques de motor y paneles de carrocería. Se encuentra también en carrocerías, transporte rápido sobre rieles, ruedas formadas para camiones, vagones, contenedores de carga y señales de carretera, división de carriles y alumbrado.

En Ecuador, el segmento de transporte y almacenamiento se mantiene en crecimiento, el nivel de ventas en el mercado automotor mantiene una dinámica fuerte y positiva, aunque con tasas menores a partir del año 2005 (8.95%) y 5.1% en el 2008, y con un crecimiento de 3.4% en el 2009, logrando una participación importante entre los diferentes sectores productivos de 7.4%.

#### **4.1 Datos de Producción.**

El análisis de los datos totales de producción se examinará por separado desde el proceso de adquisición de la chatarra establecido sobre su costo, los componentes químicos utilizados para el proceso de fundición, la cantidad de chatarra consumida, y el total de lingotes producidos destinados para el proceso de extrusión.

##### **4.1.1 Adquisición de la Chatarra de Aluminio.**

La planta de fundición diariamente consume chatarra proveniente de diferentes proveedores nacionales e internacionales y de los restos de los procesos de extrusión, anodizado, y pintura las cuales entregan la materia prima en kilogramos o toneladas métricas, estos clasifican a la chatarra de aluminio para su expendio como: de primera, segunda y tercera, a diferencia del aluminio primario 99.7% Al que es derivado del metal bauxita y de la chatarra de mesa de Cedal.

Para el consumo diario de la planta de Fundición en la Empresa, los proveedores de chatarra de aluminio se detallan a continuación:

Proveedores Nacionales

- RIMESA SA
- RECYNTER SA

Proveedores Internacionales

- ALCICLA
- ALUMINIOS PANAMA
- ALUMINIOS DE COSTA RICA

- REMANET

Todos estos proveedores entregan cantidades aproximadas de 835.269 Kg para la Empresa: destinada a la planta de fundición dando un porcentaje de consumo en fundición de 843.950 Kg por mes.

**Tabla N° 4.1.- Valores de consumo de chatarra de aluminio.**

MES	Procesos en Kg.
ENERO	843,950,2
FEBRERO	469,732
MARZO	1'036,529
ABRIL	990,867
TOTAL	835,269,55

**Elaborado por: Henry A. Jácome V.**

**Fuente: Planta de Fundición.**

Estos porcentajes incluyen el CF hasta el puerto de Guayaquil para la empresa.

Los proveedores de la chatarra de aluminio clasifican a la misma de la siguiente manera:

- Aluminio 99.7% metal no ferroso derivada de la bauxita.
- Chatarra 1°: comprendida la chatarra de mesa limpia.
- Chatarra 2°: en esta se encuentra el aluminio de 2da fusión, la chatarra negra importada y el alambre de aluminio.
- Chatarra 3°: corresponde a las limallas y a la viruta de aluminio.

#### **4.1.2 Lingote Rechazado y de Reproceso.**



- En las determinadas actividades productivas de la empresa es factible que los productos terminados (lingotes) no cumplan con las condiciones para ser considerados aptos para el proceso de extrusión por no cumplir con las cualidades técnicas requeridas, pero que si se someten a un proceso adicional se los puede rescatar, se lo llama reproceso.
- **Lingote rechazado:** después de que el lingote sale del horno de fundición y presenta anomalías como: alto contenido de hierro, fuera de parámetros de composición química, deformaciones u otro defecto, este pasa a ser retirado para su posterior fundición ya que no interesa para el proceso de extrusión.
- **Lingote de reproceso:** una vez que el lingote paso por el proceso de homogeneizado, cortado para el posterior proceso y no cumple con las características de norma en la planta de extrusión, este regresa a la planta de fundición para nuevamente ser disuelto el lingote.
- Las cargas fabriles son todos los costos de producción, excepto los de materia prima y mano de obra directa.
- Carga fabril: Son todos los costos en que necesita incurrir un centro para el logro de sus fines; costos que, salvo casos de excepción, son de asignación indirecta, por lo tanto precisa de bases de distribución.

#### 4.1.2.1 Carga Fabril Generada por el Lingote Rechazado.

- Se presentan los materiales que son utilizados para el proceso de formación de lingotes. Estos intervienen directamente en el procesamiento de fundición.
- **Tabla 4.2.- Materiales directos utilizados en el proceso de fundición.**

Silicio en piedras
Magnesio
Refinador (tibor)
Desgasificador nitrógeno
Diesel

Energía eléctrica
Gas líquido de petróleo
Desgasificador ARGON
Pastillas Desgasificadoras

**Elaborado por: Henry A. Jácome V.**

**Fuente: AGA, PetroComercial, ELEPCO.S.A.**

Para determinar el costo total del lingote rechazado se considera la carga fabril generada por tonelada métrica más un porcentaje por reposición de componentes químicos. Los datos mencionados se pueden apreciar a continuación:

**Tabla 4.3. Costo del lingote rechazado para la planta de Fundición.**

<b>Mes</b>	<b>Costo de carga fabril generada USD/Ton métrica.</b>	<b>Costo de carga fabril generada USD/Kg.</b>
Enero	143	0.14
Febrero	172	0.17
Marzo	81	0.08
Abril	109	0.11

**Elaborador por: Henry A. Jácome V.**

**Fuente: Planta de Fundición.**

El lingote es la materia prima principal para el proceso de extrusión para su obtención toda la materia prima (chatarra de aluminio, lingote rechazado) tiende a ser combinada con otros componentes, para que este cumpla con las

características optimas. Si procedemos a realizar el mismo análisis de producción para obtener el costo del lingote de reproceso, este será igual al costo de lingote rechazado más un porcentaje del valor debido a la utilización del horno de homogeneizado y reutilización de componentes químicos que viene a ser un valor mínimo, mostrando los mismos costos del lingote rechazado.

#### **4.1.2.2 Costo de la Chatarra de Mesa de Cedal S.A. para la Planta de Fundición.**

Para la determinación de costo de chatarra de mesa se determina la carga fabril generada en la planta, dentro de la cual intervienen los siguientes materiales directos.

**Tabla 4.4.- Maquinas y elementos directos para el proceso de Extrusión.**

Matrices
Materiales Directos
Soda cáustica micro perles
Gas líquido de petróleo
Diesel
Energía eléctrica

**Elaborado por: Henry A. Jácome V.**

**Fuente: Planta de Extrusión.**

Por otra parte, después de que los lingotes son entregados a la planta de extrusión estos son procesados con una producción promedio de 31 toneladas diarias, de estas se generan un porcentaje de chatarra de aluminio que se entrega a la planta de fundición a costo de carga fabril generada en la planta de extrusión.

La producción de los perfiles se ve reflejada por la capacidad que posee la planta de extrusión conjuntamente formada por las dos prensas de extrusión, teniendo una producción promedio diaria de 30.85 ton/ métricas. Se presentan los valores reales de producción de perfiles y generación de chatarra de aluminio.

Como se observa en la **Tabla N. 4.5** y **Tabla N. 4.6** de los adjuntos están los datos de producción del área de Extrusión en el año 2010, antes de la realizar la mejora e implementación de nuevos procedimientos y métodos para lograr el objetivo propuesto.

Tabla N° 4.5.- Producción de perfiles en el área Extrusión Prensa Loewy.

Fecha	Prensa 1											
	Aluar			Cedal			Dubal			Total		
	Recob	Prodtv	net.	Recob	Prodtv	net.	Recob	Prodtv	net.	Recob	Prodtv	net.
Total ENERO 2010	79,4%	811	18.090	78,0%	758	353.356				78,1%	761	371.446
Total FEBRERO 2010	81,2%	665	31.763	79,1%	713	178.722				79,1%	686	229.235
Total MARZO 2010				78,3%	753	363.492				78,3%	753	363.492
Total ABRIL 2010				79,5%	822	402.135				79,5%	822	402.135
Total MAYO 2010	82,0%	890	25.764	81,2%	812	396.083				81,2%	816	421.846
Total JUNIO 2010	82,7%	782	3.088	78,8%	756	439.379				78,8%	756	442.467
Total JULIO 2010				78,9%	789	391.740				78,9%	789	391.740
Total AGOSTO 2010				77,6%	727	80.074				77,6%	727	80.074
Total SEPTIEMBRE 2010				78,0%	766	405.278				78,0%	766	405.278
Total OCTUBRE 2010				77,9%	787	481.404				77,9%	787	481.404
Total NOVIEMBRE 2010				80,1%	813	439.531				80,1%	813	439.531
Total DICIEMBRE 2010	77,0%	857	6.855	80,4%	850	388.759				80,3%	850	395.614

Elaborado por: Henry A. Jácome V.

Fuente: Producción de la Prensa 1 en el año 2010.

# Productividad/Recobrado - Aluar/Cedal - Prensa 1

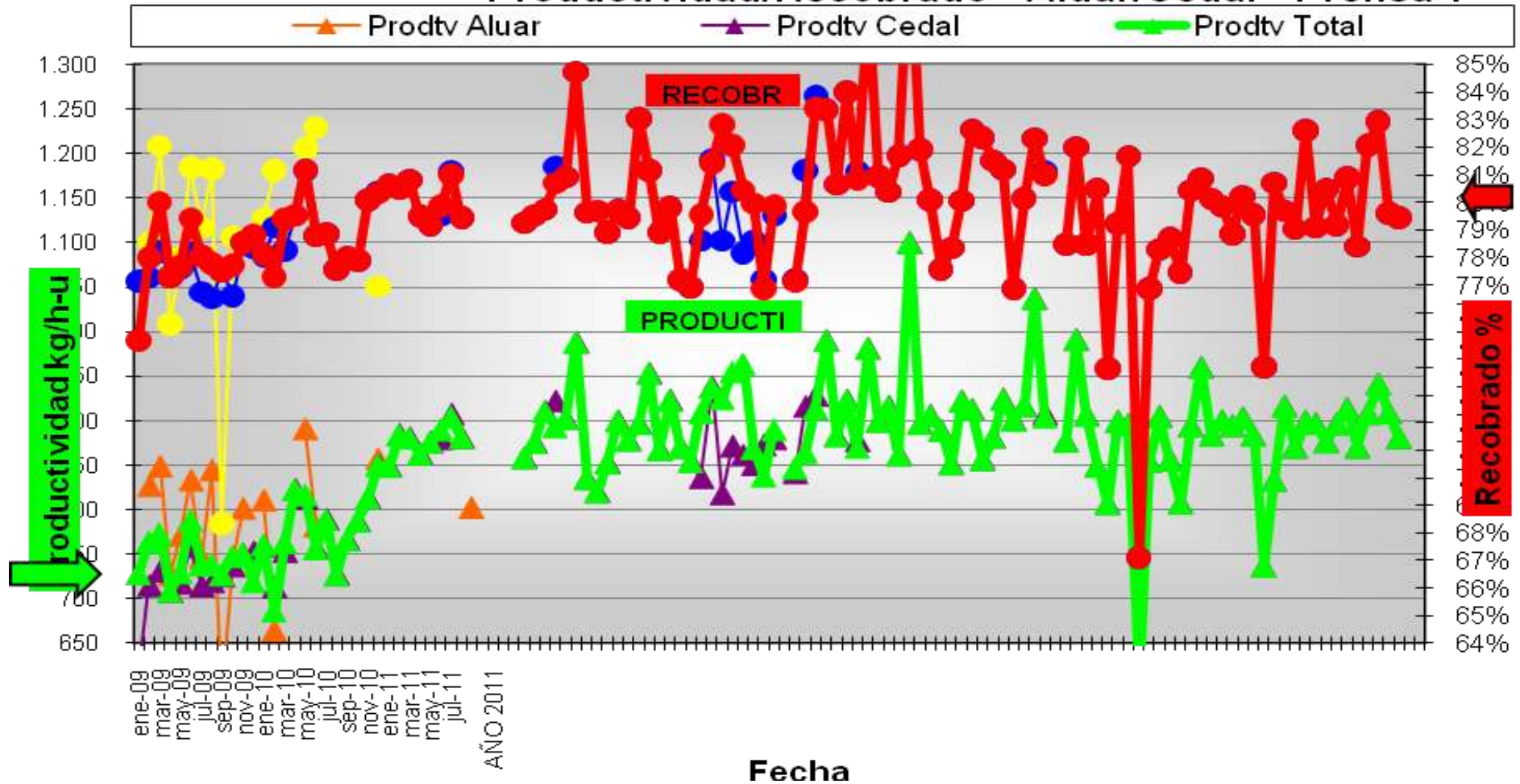


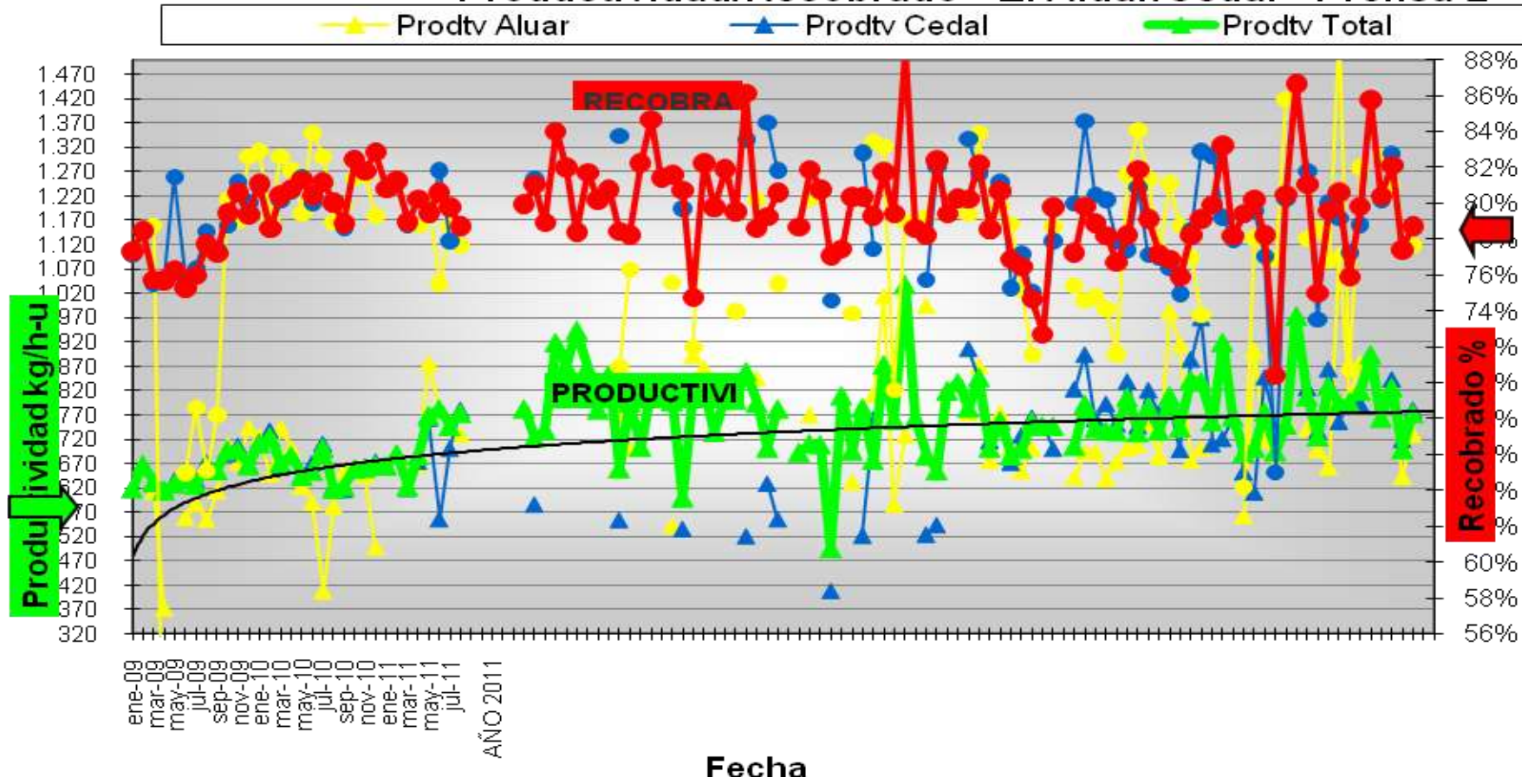
Tabla N° 4.6.- Producción de perfiles en el área de Extrusión de la Prensa Farrel.

Fecha	Prensa 2											
	Aluar			Cedal			Dubal			Total		
	Recob	Prodtv	net.	Recob	Prodtv	net.	Recob	Prodtv	net.	Recob	Prodtv	net.
Total ENERO 2010	83,0%	726	54.057	80,9%	715	275.941				81,1%	712	346.058
Total FEBRERO 2010	79,1%	648	31.698	78,5%	738	208.384				78,6%	725	240.082
Total MARZO 2010	82,6%	745	42.247	80,1%	663	287.762				80,4%	672	330.010
Total ABRIL 2010	81,8%	701	40.433	80,6%	685	285.396				80,8%	687	325.829
Total MAYO 2010	79,4%	624	29.680	81,5%	646	300.262				81,3%	644	329.942
Total JUNIO 2010	83,9%	590	29.526	80,0%	671	312.679				80,4%	655	350.027
Total JULIO 2010	82,6%	407	5.712	81,2%	711	366.161				81,2%	703	371.873
Total AGOSTO 2010	78,9%	582	30.231	80,2%	623	229.340				80,0%	618	259.571
Total SEPTIEMBRE 2010	79,9%	655	67.665	78,6%	617	282.209				78,9%	624	349.874
Total OCTUBRE 2010	81,4%	664	47.385	82,6%	662	345.852				82,4%	660	399.573
Total NOVIEMBRE 2010	81,6%	646	62.301	81,8%	665	272.878				81,8%	661	335.179
Total DICIEMBRE 2010	79,3%	497	8.407	82,9%	675	297.815				82,9%	668	310.576

Elaborado por: Henry A. Jácome V.

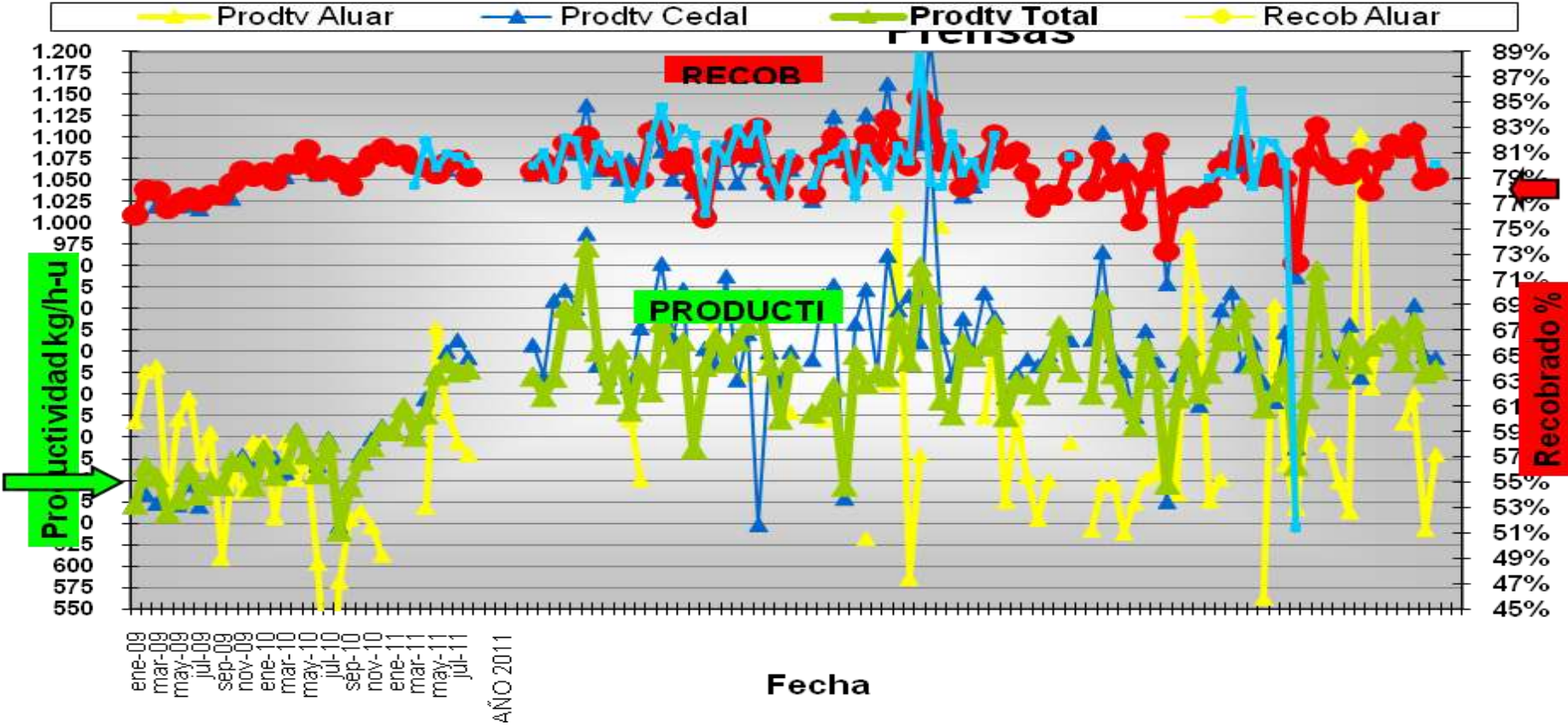
Fuente: Producción de la Prensa 2 en el año 2010.

## Productividad/Recobrado - E. Aluar/Cedal - Prensa 2





# Productividad/Recobrado - Aluar/Cedal - Ambas Prensas



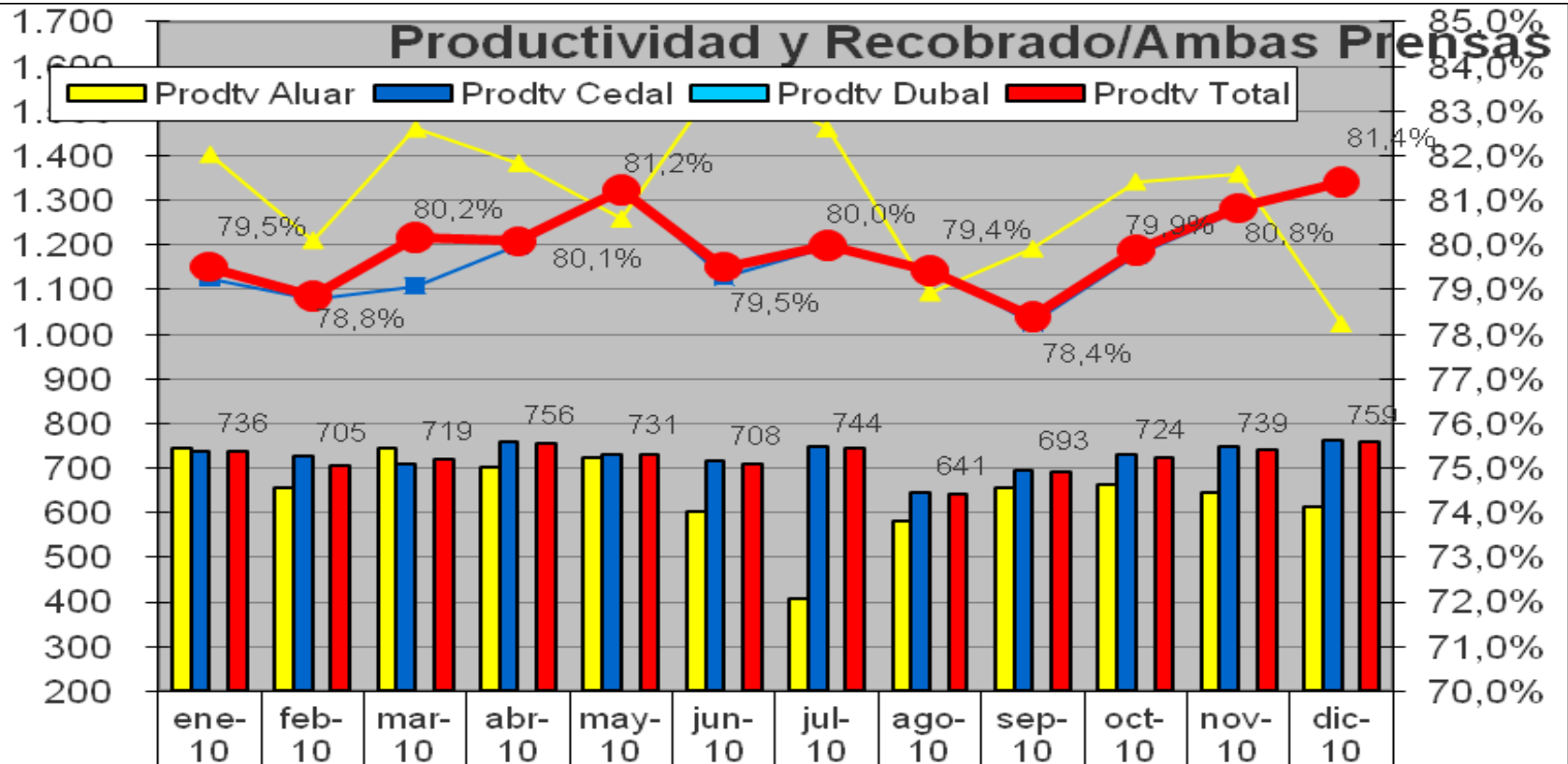
Elaborado por: Henry A. Jácome V.

Fuente: Producción y Recobrado de las 2 Prensas en el año 2010

Se observa que el recobrado de la materia prima entregada por la planta de Fundición de CEDAL está adquiriendo un porcentaje similar al de ALUAR, lo que genera mayor productividad en el proceso de extrusión consiguiendo que la chatarra también sea de una buena calidad para el reproceso de Fundición.

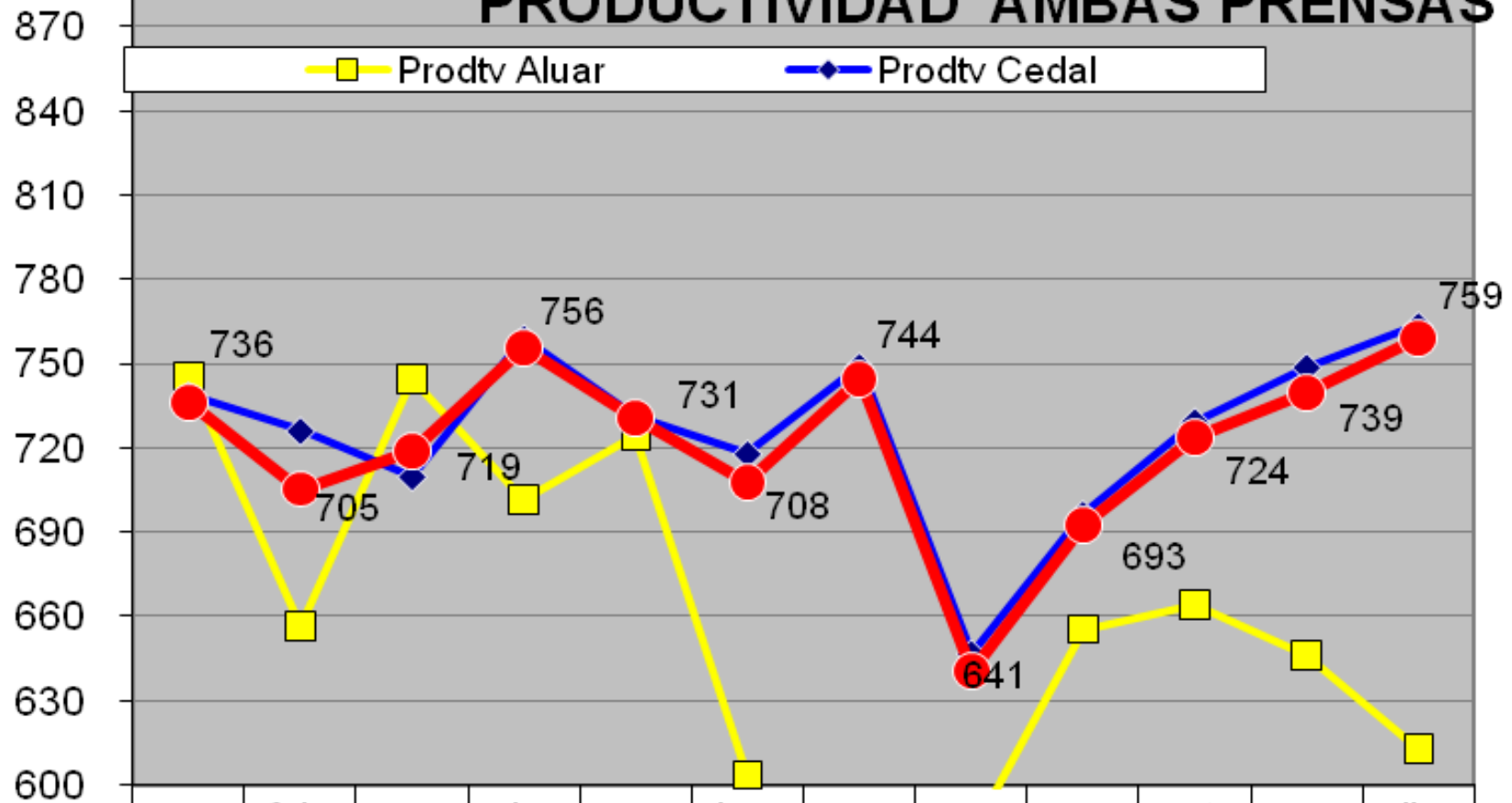
**Tabla N° 4.7 Productividad y Recobrado en el año 2010 en ambas Prensas.**

Prensa	Indice	ene-10	feb-10	mar-10	abr-10	may-10	jun-10	jul-10	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10	
Prensa 1	Prodtv Aluar	811	665			890	782						857	
	Prodtv Cedal	758	713	753	822	812	756	789	727	766	787	813	850	
	Prodtv Dubal													
	Prodtv Total	761	686	763	822	816	756	789	727	766	787	813	850	
	Recob Aluar	79,4%	81,2%			82,0%	82,7%						77,0%	
	Recob Cedal	78,0%	79,1%	78,3%	79,5%	81,2%	78,8%	78,9%	77,6%	78,0%	77,9%	80,1%	80,4%	
	Recob Dubal													
	Recob Total	78,1%	77,3%	79,4%	79,5%	81,2%	78,8%	78,9%	77,6%	78,0%	77,9%	80,1%	80,3%	
	Kilos Netos Aluar	18.090	31.763			25.764	3.088							6.855
	Kilos Netos Cedal	353.356	178.722	363.492	402.135	396.083	439.379	391.740	80.074	405.278	481.404	439.531	388.759	
Kilos Netos Dubal														
Kilos Netos Total	371.446	253.645	368.688	402.135	421.846	442.467	391.740	80.074	405.278	481.404	439.531	395.614		
Prensa 2	Prodtv Aluar	726	648	745	701	624	590	407	582	655	664	646	497	
	Prodtv Cedal	715	738	663	685	646	671	711	623	617	662	665	675	
	Prodtv Dubal													
	Prodtv Total	712	725	672	687	644	655	703	618	624	660	661	668	
	Recob Aluar	83%	79%	83%	82%	79%	84%	83%	79%	80%	81%	82%	79%	
	Recob Cedal	81%	79%	80%	80,6%	81,5%	80,0%	81,2%	80,2%	78,6%	82,6%	81,8%	82,9%	
	Recob Dubal													
	Recob Total	81%	79%	80%	80,8%	81,3%	80,4%	81,2%	80,0%	78,9%	82,4%	81,8%	82,9%	
	Kilos Netos Aluar	54.057	31.698	42.247	40.433	29.680	29.526	5.712	30.231	67.665	47.385	62.301	8.407	
	Kilos Netos Cedal	275.941	208.384	287.762	285.396	300.262	312.679	366.161	229.340	282.209	345.852	272.878	297.815	
Kilos Netos Dubal														
Kilos Netos Total	346.058	240.082	330.010	325.829	329.942	350.027	371.873	259.571	349.874	399.573	335.179	310.576		
Ambas Prensas	Prodtv Aluar	745	657	745	701	725	604	407	582	655	664	646	613	
	Prodtv Cedal	739	726	710	759	731	718	749	647	697	729	749	764	
	Prodtv Dubal													
	Prodtv Total	736	705	719	756	731	708	744	641	693	724	739	759	
	Recob Aluar	82,0%	80,1%	82,6%	81,8%	80,6%	83,8%	82,6%	78,9%	79,9%	81,4%	81,6%	78,2%	
	Recob Cedal	79,3%	78,8%	79,1%	80,0%	81,3%	79,3%	80,0%	79,5%	78,3%	79,8%	80,8%	81,5%	
	Recob Dubal													
	Recob Total	79,5%	78,8%	80,2%	80,1%	81,2%	79,5%	80,0%	79,4%	78,4%	79,9%	80,8%	81,4%	
	Kilos Netos Aluar	72.146	63.461	42.247	40.433	55.443	32.614	5.712	30.231	67.665	47.385	62.301	15.262	
	Kilos Netos Cedal	629.297	387.105	651.254	687.532	696.345	752.059	757.902	309.414	687.487	827.256	712.409	686.573	
Kilos Netos Dubal														
Kilos Netos Total	717.503	475.031	700.555	727.965	751.788	792.495	763.613	339.645	755.152	880.977	774.710	706.190		

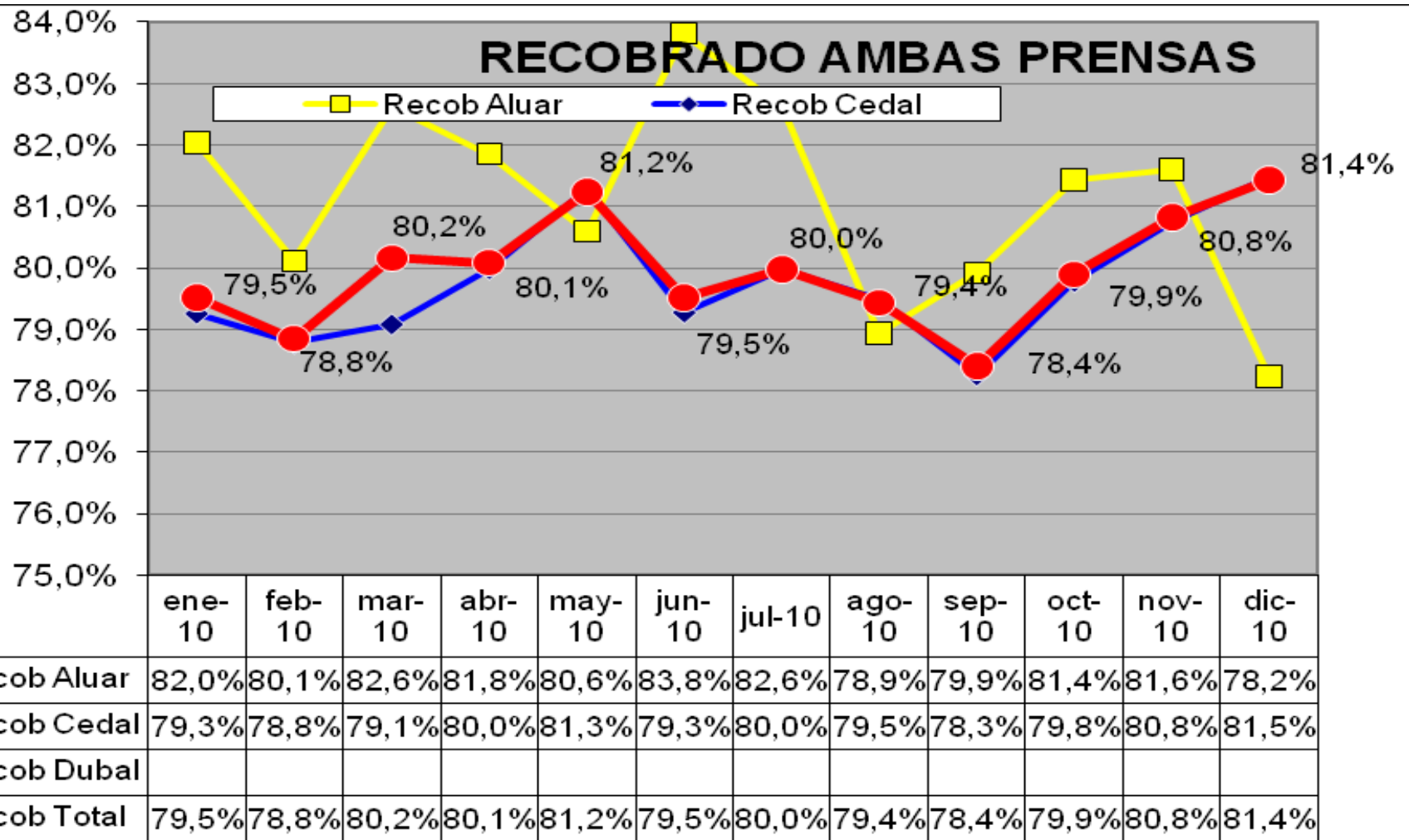


Prodtv Aluar	745	657	745	701	725	604	407	582	655	664	646	613
Prodtv Cedal	739	726	710	759	731	718	749	647	697	729	749	764
Prodtv Dubal												
Prodtv Total	736	705	719	756	731	708	744	641	693	724	739	759
Recob Aluar	82,0%	80,1%	82,6%	81,8%	80,6%	83,8%	82,6%	78,9%	79,9%	81,4%	81,6%	78,2%
Recob Cedal	79,3%	78,8%	79,1%	80,0%	81,3%	79,3%	80,0%	79,5%	78,3%	79,8%	80,8%	81,5%
Recob Dubal												
Recob Total	79,5%	78,8%	80,2%	80,1%	81,2%	79,5%	80,0%	79,4%	78,4%	79,9%	80,8%	81,4%

# PRODUCTIVIDAD AMBAS PRENSAS



Prodtv Aluar	745	657	745	701	725	604	407	582	655	664	646	613
Prodtv Cedal	739	726	710	759	731	718	749	647	697	729	749	764
Prodtv Dubal												
Prodtv Total	736	705	719	756	731	708	744	641	693	724	739	759



Elaborado por: Henry A Jácome V.

#### 4.2 Costo de Producción en la Extrusión de Perfiles 2010.

Los lingotes de aluminio proporcionados por la planta de fundición son entregados directamente para la elaboración de perfiles de aluminio, para este proceso se consume los siguientes material, los cuales influyen directamente en la elaboración del principal producto que entrega la empresa.

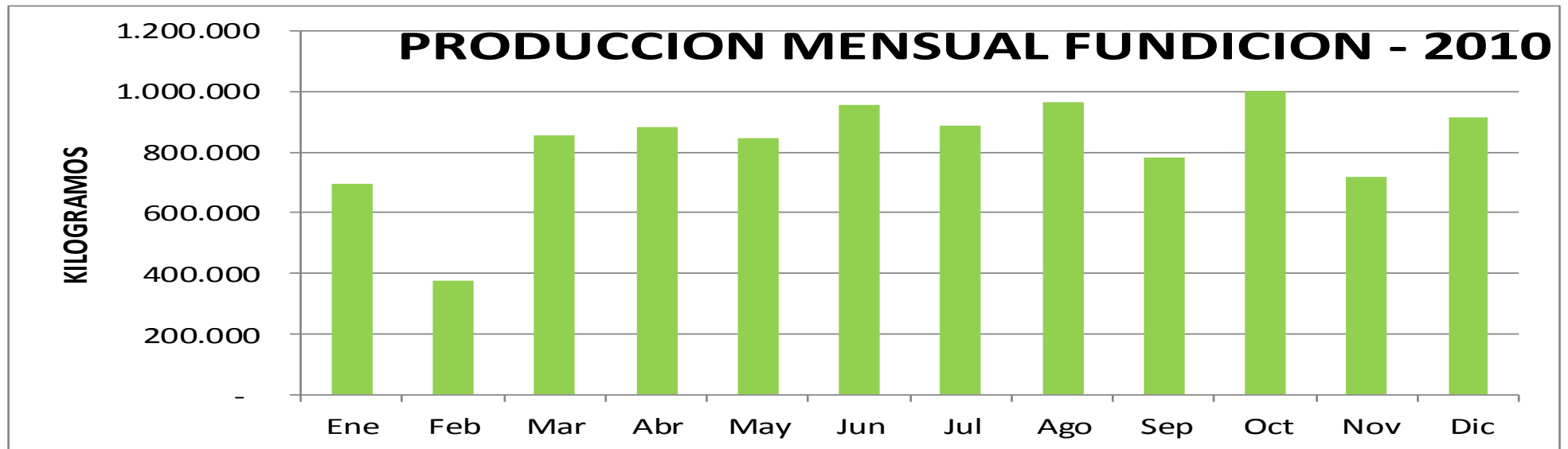
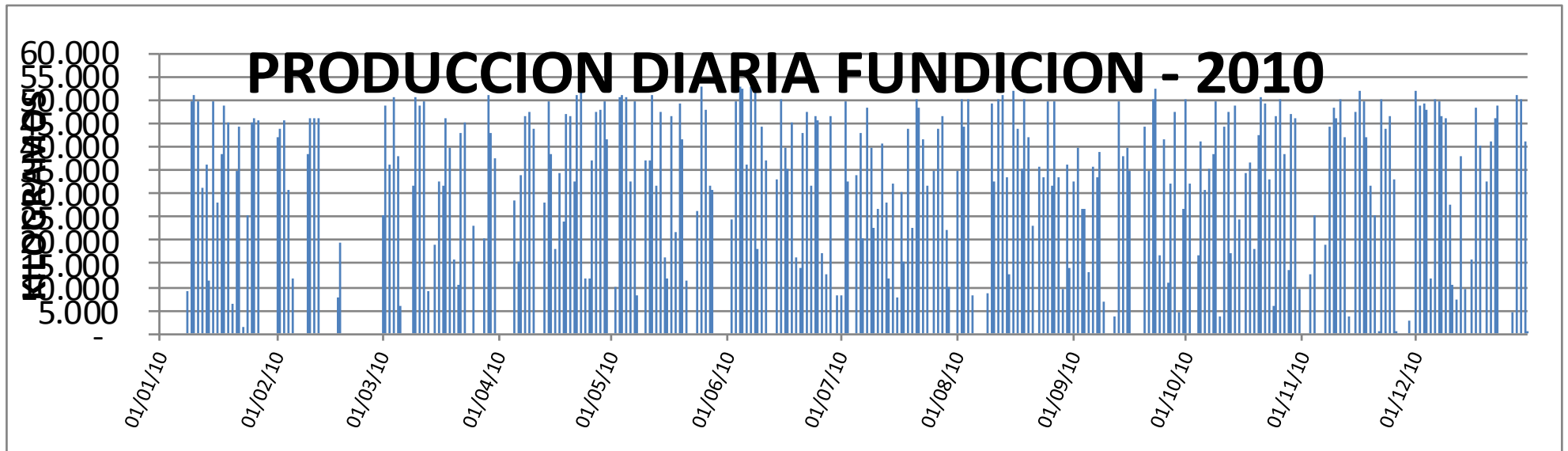
**Tabla N° 4.8.- Tabla de estructuración de costos en planta de extrusión.**

<b>VARIABLE</b>	<b>GASTOS (USD/mes)</b>
1. Personal	35.590
2. Materiales y suministros	12.864
3. Mantenimiento	37.368
4. Servicios	340
6. Gastos generales	351
7 Otros gastos	10.485

Elaborado por: Henry A. Jácome V.

Fuente: Planta de Extrusión, Inspectoría de trabajo, Mantenimiento Industrial “Emilio Lezana”.

De la misma manera como se muestra en la **Figura3.24**, se generó un análisis de la producción de extrusión en el año 2010 se lo hizo en el área de estudio para proceder a realizar los cambios respectivos en el punto a tratar que es la incidencia del magnesio para la producción de los barrotes de AA6063



Los datos de producción del año 2010 como se muestra en el adjunto no cumplen con las metas establecidas en la empresa la cual con la reingeniería se pretende mejorar y lograr el cumplimiento de los mismos para mejora continua de la Empresa.

**Tabla 4.9 Resultados de Producción neta 2010 Fundición.**

PRODUCCION MENSUAL FUNDICION -2010		
Mes		Prd. Neta (Kg.)
Ene		695.983
Feb		377.822
Mar		853.142
Abr		883.898
May		844.961
Jun		953.497
Jul		887.029
Ago		964.741
Sep		781.192
Oct		1.001.877
Nov		717.357
Dic		914.783
Total		9.876.283

REPORTE DE PRODUCCION NETA - FUNDICION			
* Datos en kilogramos			
Año	Prd. Neta	Días trabajados	Prom. Prd. Diario
2010	9.876.283	287	34.412

**ELABORADOR POR:** Henry Jácome – William Real

**FUENTE:** Ing. Hernán Navas – SIP – REGISTROS PRODUCCION 2010



## CAPITULO V

### 5. Aplicación del Plan de Mejora para el Proceso de Lingotes AA6063.

#### 5.1 Entidad Ejecutora.

Planta de Fundición

#### 5.2 Cobertura y Localización.

Provincia : Cotopaxi

Cantón : Latacunga

Parroquia : Ignacio Flores.

#### 5.3 Plazo de Ejecución.

La ejecución del proyecto tardo 1 año (8 meses) en cuanto a la recopilación de información, cambio de métodos de trabajo y en las composiciones químicas para con esos rangos trabajar.

#### 5.4 Desarrollo del Proyecto.

Las inversiones para el correcto funcionamiento del proyecto se observa en los siguientes cuadros tanto de producción y recobrado de ambas prensas debido a que es nuestro laboratorio directo el cual continúa para cada proceso hasta llegar al Producto Final.

El desglose y la fuente de las cuales se obtuvo la información se indican en las tablas detalladas a continuación, desde el mes de enero hasta agosto del 2011 una vez realizado las respectivas mejoras desde la planta de Fundición para el área de Extrusión, considerando que desde un inicio nos centramos en el nivel del Mg el cual se logró estabilizar debido a serie de pruebas y cálculos.

### **5.5 Consecuencia del Magnesio (Mg) cuando no es Controlado.**

En el proceso de mejora se observó que la AA6063 el Magnesio tiene variación de porcentaje desde su adición en la fundición hasta su producción en perfil y eso fue uno de los puntos a considerar para mejora del proceso.

**Figura. 3.27** Desgarre de perfil



**Fuente:** Proceso de Extrusión.

**Elaborado por:** Henry A. Jácome V.

#### **5.5.1 Consecuencia cuando el Mg excede los Parámetros.**

- La resistencia a la corrosión decrece cuando crece el contenido de Fe, Cu o Ni es por eso que se produce el desgarre del perfil, Rotura de Matriz, Se pierde tiempo en cambio de matriz y otra referencia a producir.
- Un contenido superior al 0.5% Si disminuye la elongación, esto se puede evidenciar en extrusión cuando existe los desgarres en los perfiles.

- Si el contenido de Fe excede el 0.005%, el ratio Fe-Mn no excederá 0.032 y la resistencia a la corrosión descenderá rápidamente.



**Figura. 3.28** Rotura de Matriz por exceso de Mg

**Fuente:** Departamento de Matricería.

**Elaborador por:** Henry A. Jácome V.

### **5.5.2 Consecuencia cuando el Mg está bajo de los Parámetros.**

A pesar de encontrarse en porcentajes relativamente pequeños, este metal tiene gran influencia en las propiedades del zinc para colar bajo presión. Siendo el magnesio más electronegativo que el zinc, inhibe la corrosión intergranular de la aleación. Y asociándose con el eutéctico del plomo, cadmio y estaño en los contornos de grano, reduce la diferencia de potencial entre el zinc y el eutéctico. Es aconsejable mantener la composición del magnesio por debajo de 0.06% pues este metal tiende a provocar

fragilidad en caliente en las piezas fundidas y por ende existe rechazos y el no cumplimiento de plan presupuestado para la semana de trabajo y no poder llegar a cumplir con el cliente interno (Extrusión) dejando así desabastecido la productividad en Prensas.

El efecto de poseer una materia prima con porcentaje bajo en magnesio se refleja en el proceso de extrusión, se tiene un producto de baja dureza, que se la mide en HB. RC, WEBSTER

Esto se lo puede comprobar con la ayuda de un instrumento de medición denominado DUROMETRO, el cual ha sido previamente certificado su medición, como se puede observar en la Fig. 3.25

**Figura. 3.29 Perfil AA6063 con baja Dureza.**



Elaborado por: Henry A. Jácome V.

Fuente: Control de Calidad de Producto Terminado.

### 5.5.3 Resultado cuando están en los Parámetros Establecidos.

La materia prima es mucho más confiable en extrusión debido a que es el laboratorio donde se puede comprobar la calidad de la aleación y del producto.

Mejorado la calidad del lingote de Aluminio con aleación 6063 obtenemos mejor calidad en acabado superficial de los perfiles Arquitectónicos obteniendo mayor Productividad y el cumplimiento de metas en ambas áreas Productivas

La Extrusión de los perfiles y el control del Mg es mucho mejor, se menoró los rechazos tanto en Prensas como por defectos e impurezas y la productividad aumenta (VER CUADRO DE RESULTADOS DE PRODUCCIÓN DEL 2011) y mejoró sus características mecánicas del perfil obteniendo un mejor recobrado y aumentando la vida útil de las matrices, así como la satisfacción del cliente el cumplimiento de indicadores, incremento de bono de productividad y sobre pasar las metas planteadas.

### 5.5.4 Tabla de Composición Química Modificada en el año 2011 para su implementación en Fundición.

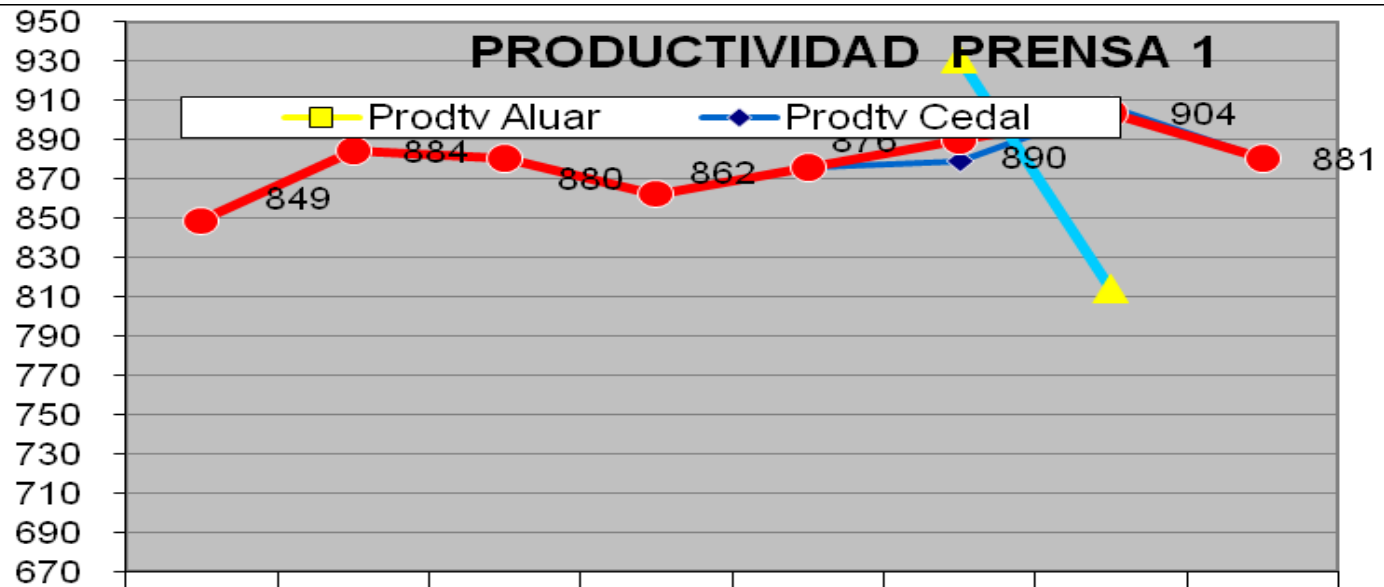
2011			
COMPOSICION QUIMICA			
FE	MG.	Si. Min	Si. Max
0.20	0.48-0.50	0.44	0.48
0.21	0.48-0.50	0.44	0.48
0.22	0.48-0.50	0.45	0.48
0.23	0.48-0.50	0.45	0.49
0.24	0.48-0.50	0.45	0.49
0.25	0.48-0.50	0.46	0.49
0.26	0.48-0.50	0.46	0.50
0.27	0.48-0.50	0.46	0.50
0.28	0.48-0.50	0.47	0.50
0.29	0.48-0.50	0.47	0.51
0.30	0.48-0.50	0.47	0.51
p/p: H. Jacome - H. Navas			
Fecha: 01.04.011			

Elaborado por: Henry Jácome – William Real – Hernán Navas

**Fuente:** Tabla de Composición 2010 – Área de Extrusión y Resultados.

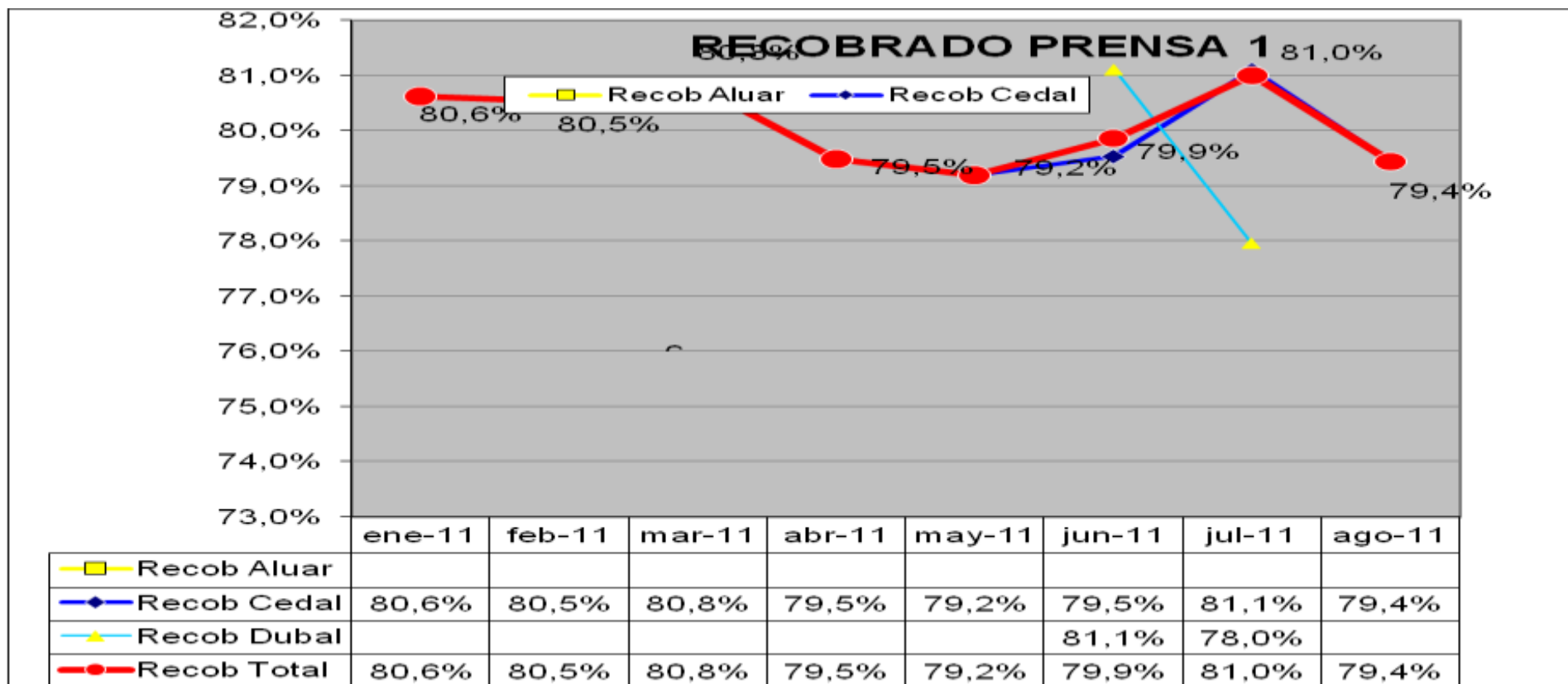
**TABLA N° 5. 1 RESULTADOS PRENSA LOEWY PRODUCTIVIDAD Y RECOBRADO 2011**

Fecha	Prensa 1											
	Aluar			Cedal			Dubal			Total		
	Recob	Prodtv	net.	Recob	Prodtv	net.	Recob	Prodtv	net.	Recob	Prodtv	net.
Total ENERO 2011				80,6%	849	399.217				80,6%	849	399.217
Total FEBRERO 2011				80,5%	884	395.237				80,5%	884	395.237
Total MARZO 2011				80,8%	880	461.490				80,8%	880	461.490
Total ABRIL 2011				79,5%	862	389.659				79,5%	862	389.659
Total MAYO 2011				79,2%	876	369.951				79,2%	876	369.951
Total JUNIO 2011				79,5%	879	335.884	81,1%	932	89.059	79,9%	890	424.942
Total JULIO 2011				81,1%	907	396.213	78,0%	814	12.462	81,0%	904	408.675
Total AGOSTO 2011				79,4%	881	525.265				79,4%	881	525.265

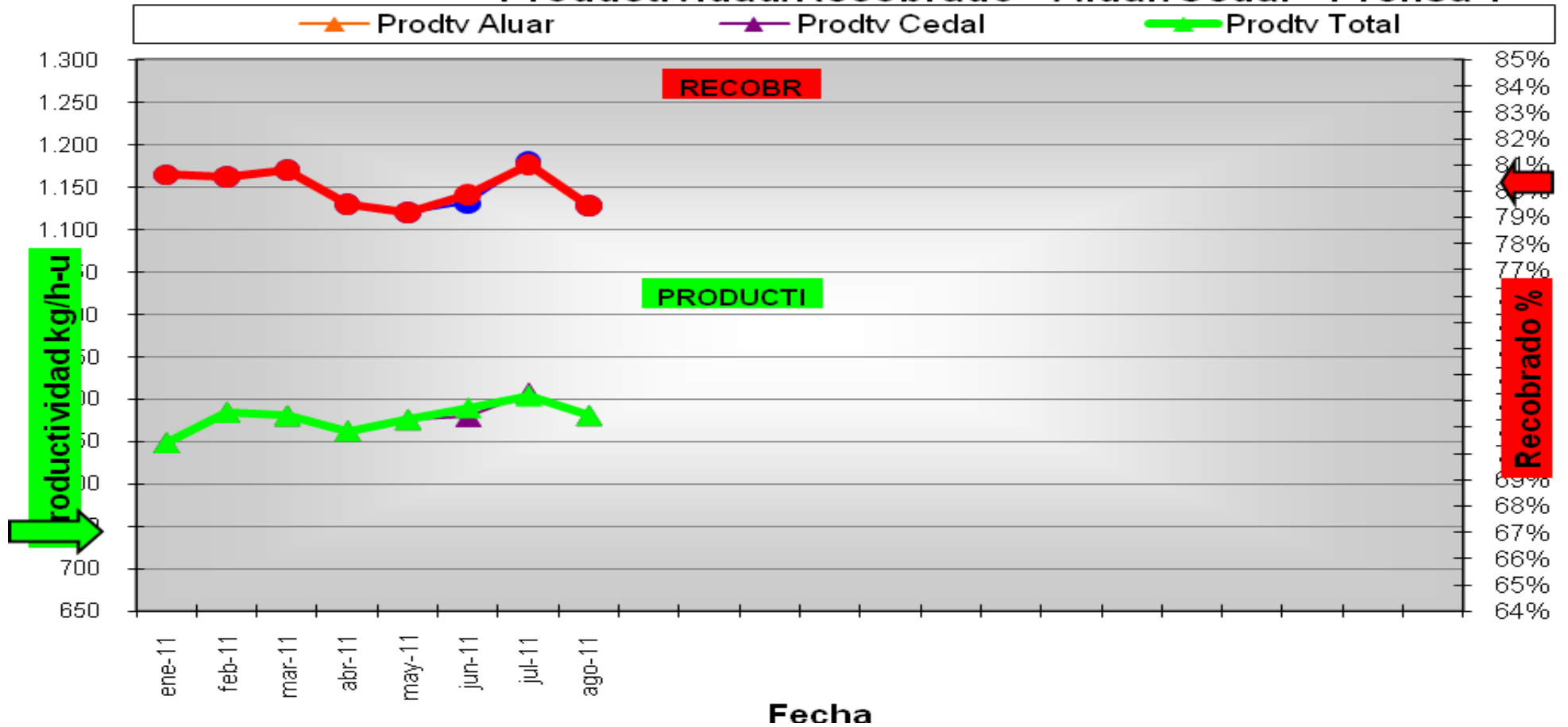


	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11
Prodtv Aluar								
Prodtv Cedal	849	884	880	862	876	879	907	881
Prodtv Dubal						932	814	
Prodtv Total	849	884	880	862	876	890	904	881





## Productividad/Recobrado - Aluar/Cedal - Prensa 1

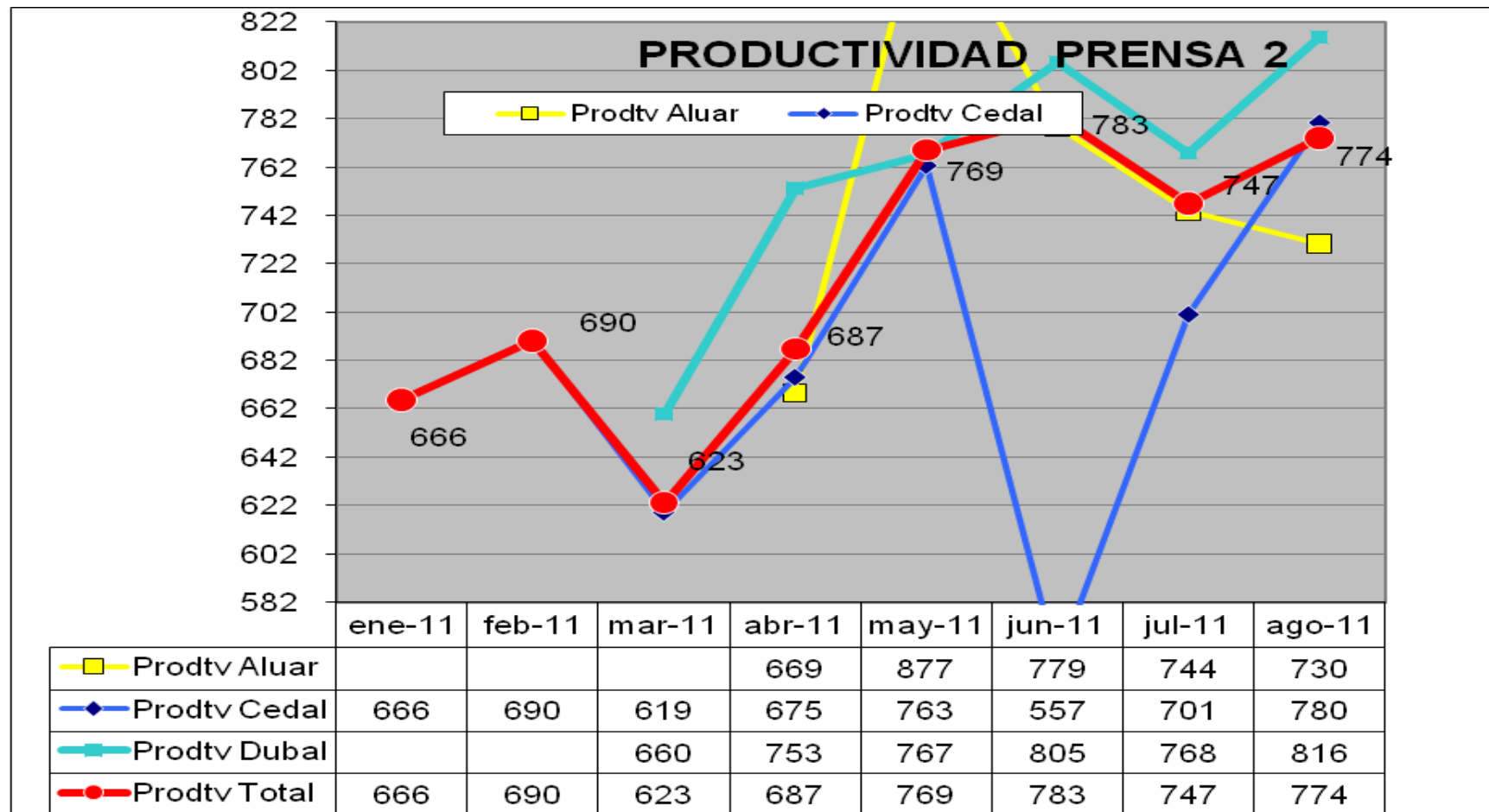


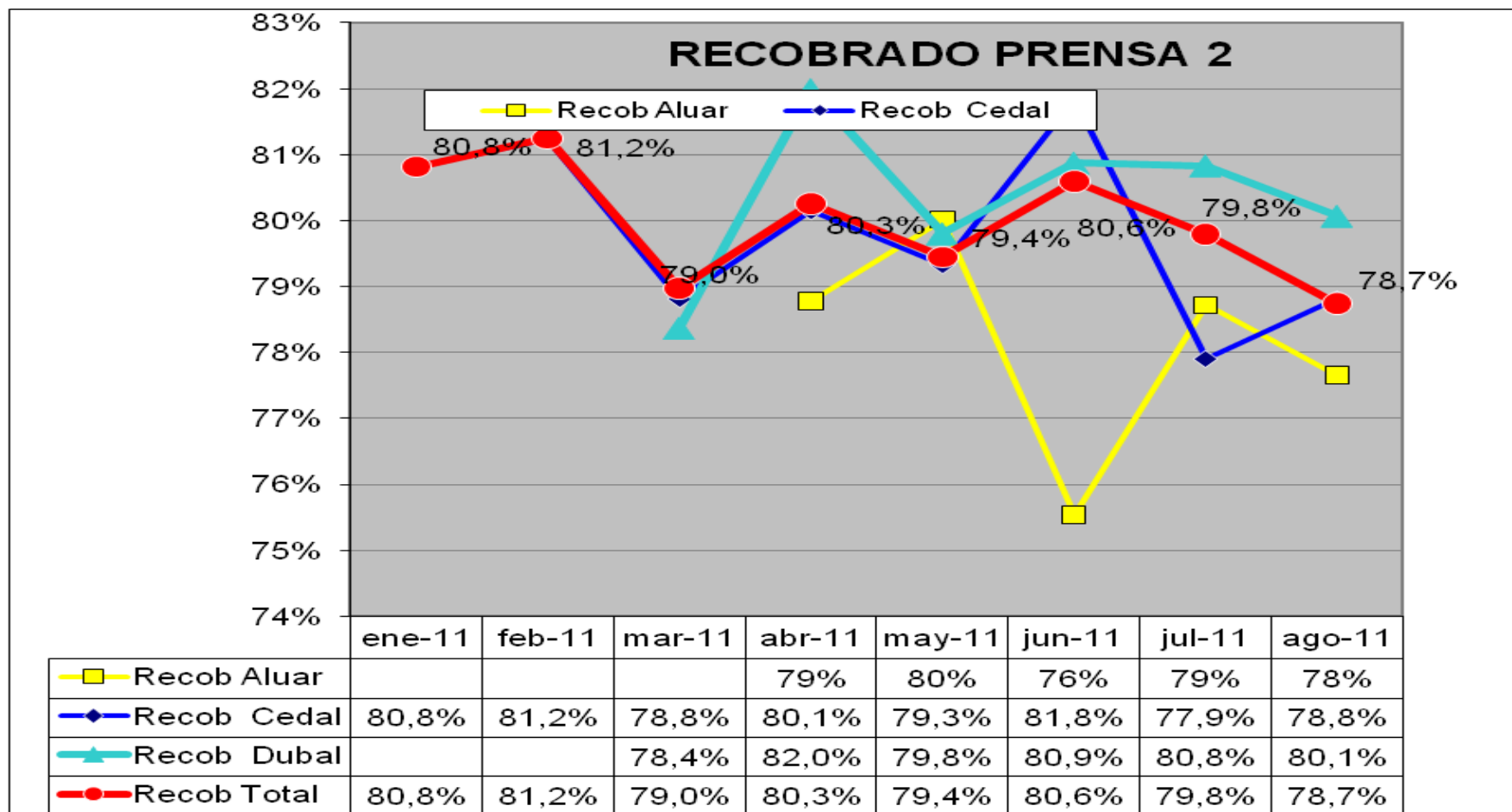
Elaborado por: Henry A. Jácome V.

Fuente: Producción y Recobrado de la Prensa 1 en el año 2011 con Materia Prima de Fundición.

**TABLA N° 5. 2 RESULTADOS PRENSA FARREL PRODUCTIVIDAD Y RECOBRADO 2011**

Fecha	Prensa 2											
	Aluar			Cedal			Dubal			Total		
	Recob	Prodtv	net.	Recob	Prodtv	net.	Recob	Prodtv	net.	Recob	Prodtv	net.
Total ENERO 2011				80,8%	666	309.813				80,8%	666	309.880
Total FEBRERO 2011				81,2%	690	321.425				81,2%	690	321.572
Total MARZO 2011				79,1%	618	285.320	78,4%	660	45.373	79,0%	623	330.693
Total ABRIL 2011	78,8%	669	59.350	80,1%	675	168.993	82,0%	753	60.568	80,3%	687	290.663
Total MAYO 2011	80,0%	877	18.339	79,3%	763	250.775	79,8%	767	53.324	79,4%	769	322.438
Total JUNIO 2011	75,5%	779	20.664	81,8%	557	20.909	80,9%	805	306.220	80,6%	783	347.793
Total JULIO 2011	78,7%	744	49.230	77,9%	701	81.162	80,8%	768	203.529	79,8%	747	333.921
Total AGOSTO 2011	77,7%	730	88.509	78,8%	780	275.666	80,1%	816	59.600	78,7%	774	423.775





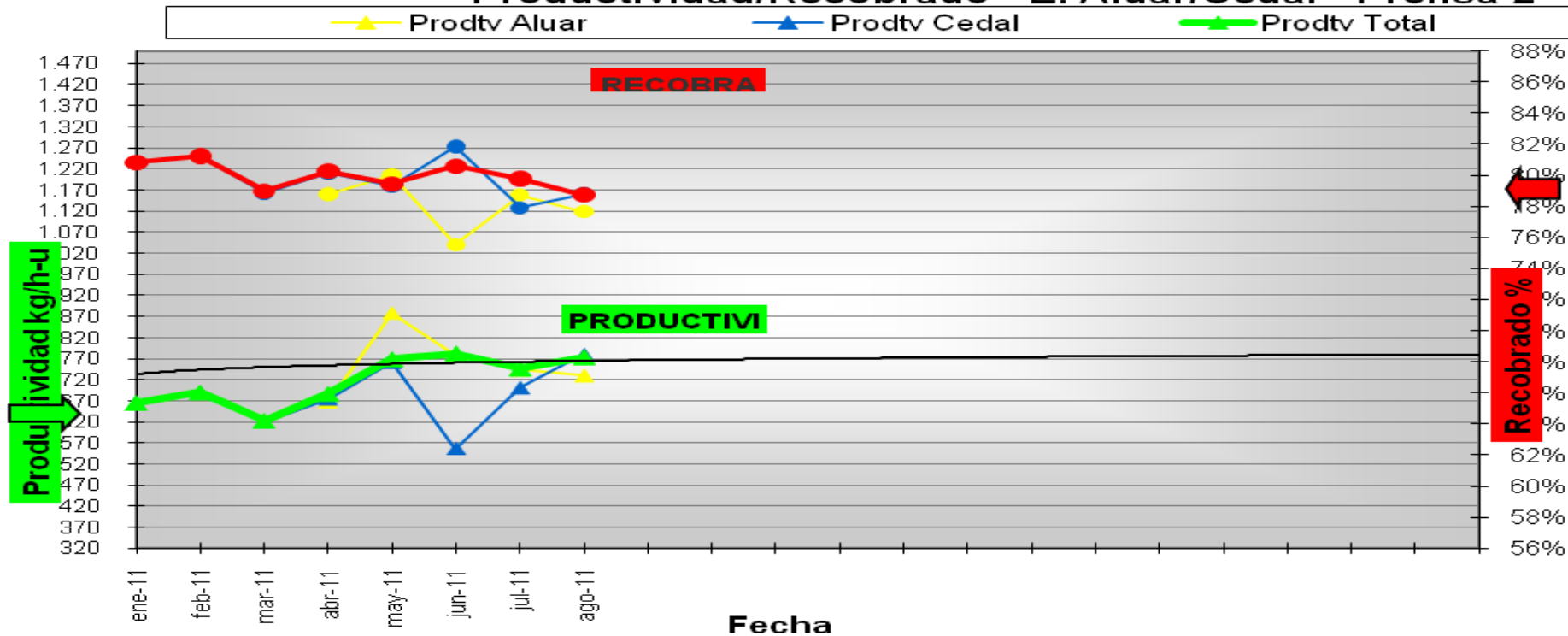
Elaborado por: Henry A. Jácome V.

**Fuente:** Producción y Recobrado de la Prensa 2 en el año 2011 con Materia Prima de Fundición.

**Tabla N° 5.3 RESULTADO AMBAS PRENSAS CON MATERIA PRIMA DE FUNDICION**

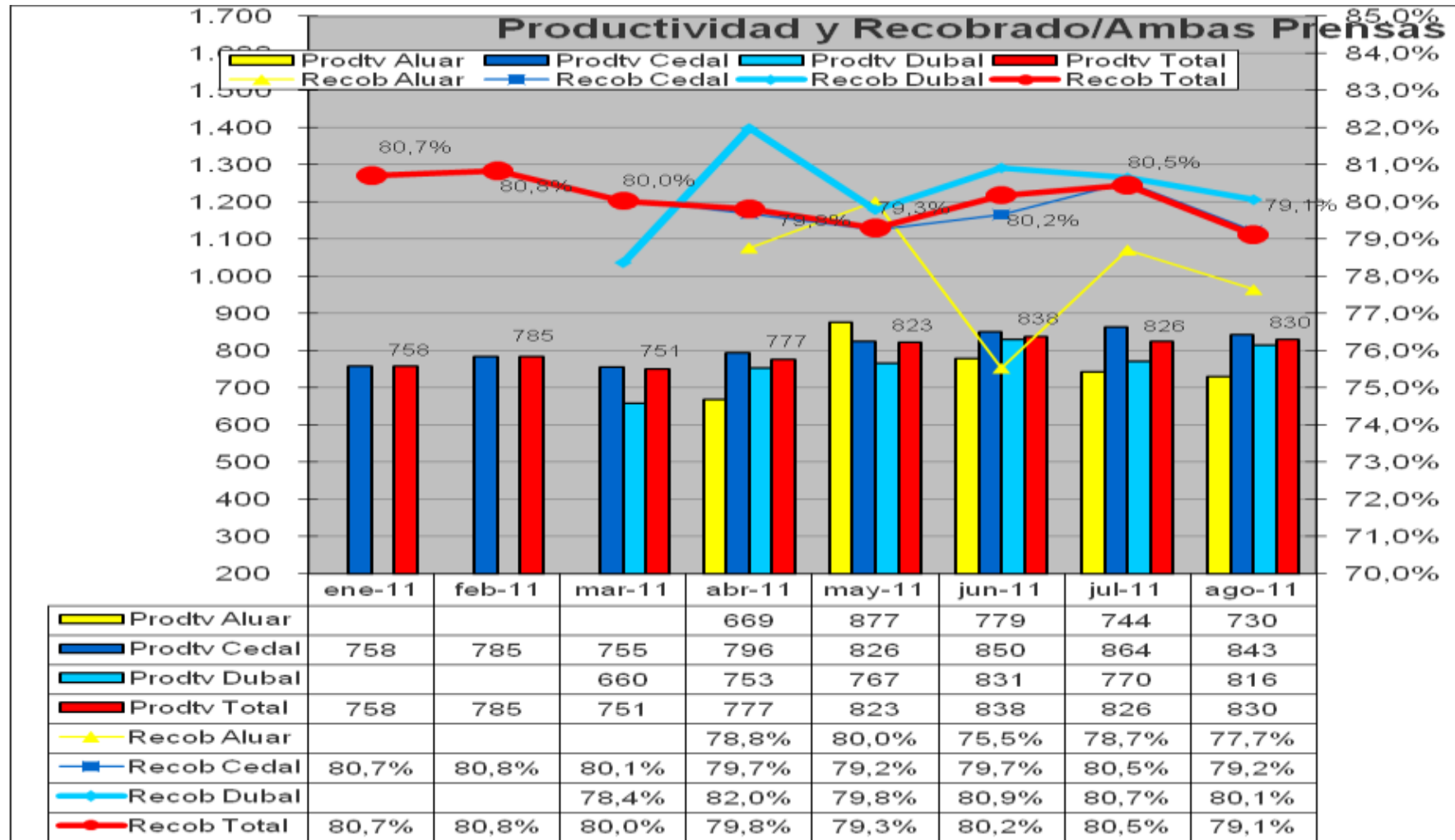
Fecha	Ambas Prensas											
	Aluar			Cedal			Dubal			Total		
	Recob	Prodtv	net.	Recob	Prodtv	net.	Recob	Prodtv	net.	Recob	Prodtv	net.
Total ENERO 2011				80,7%	758	709.030				80,71%	758	709.098
Total FEBRERO 2011				80,8%	785	716.662				80,85%	785	716.808
Total MARZO 2011				80,1%	757	746.809	78,4%	660	45.373	80,03%	751	792.182
Total ABRIL 2011	78,8%	669	59.350	79,7%	796	558.652	82,0%	753	60.568	80%	777	680.322
Total MAYO 2011	80,0%	877	18.339	79,2%	826	620.726	79,8%	767	53.324	79,3%	823	692.389
Total JUNIO 2011	75,5%	779	20.664	79,7%	850	356.793	80,9%	831	395.279	80,2%	838	772.735
Total JULIO 2011	78,7%	744	49.230	80,5%	864	477.376	80,7%	770	215.990	80,5%	826	742.596
Total AGOSTO 2011	77,7%	730	88.509	79,2%	843	800.931	80,1%	816	59.600	79,1%	830	949.040

## Productividad/Recobrado - E. Aluar/Cedal - Prensa 2



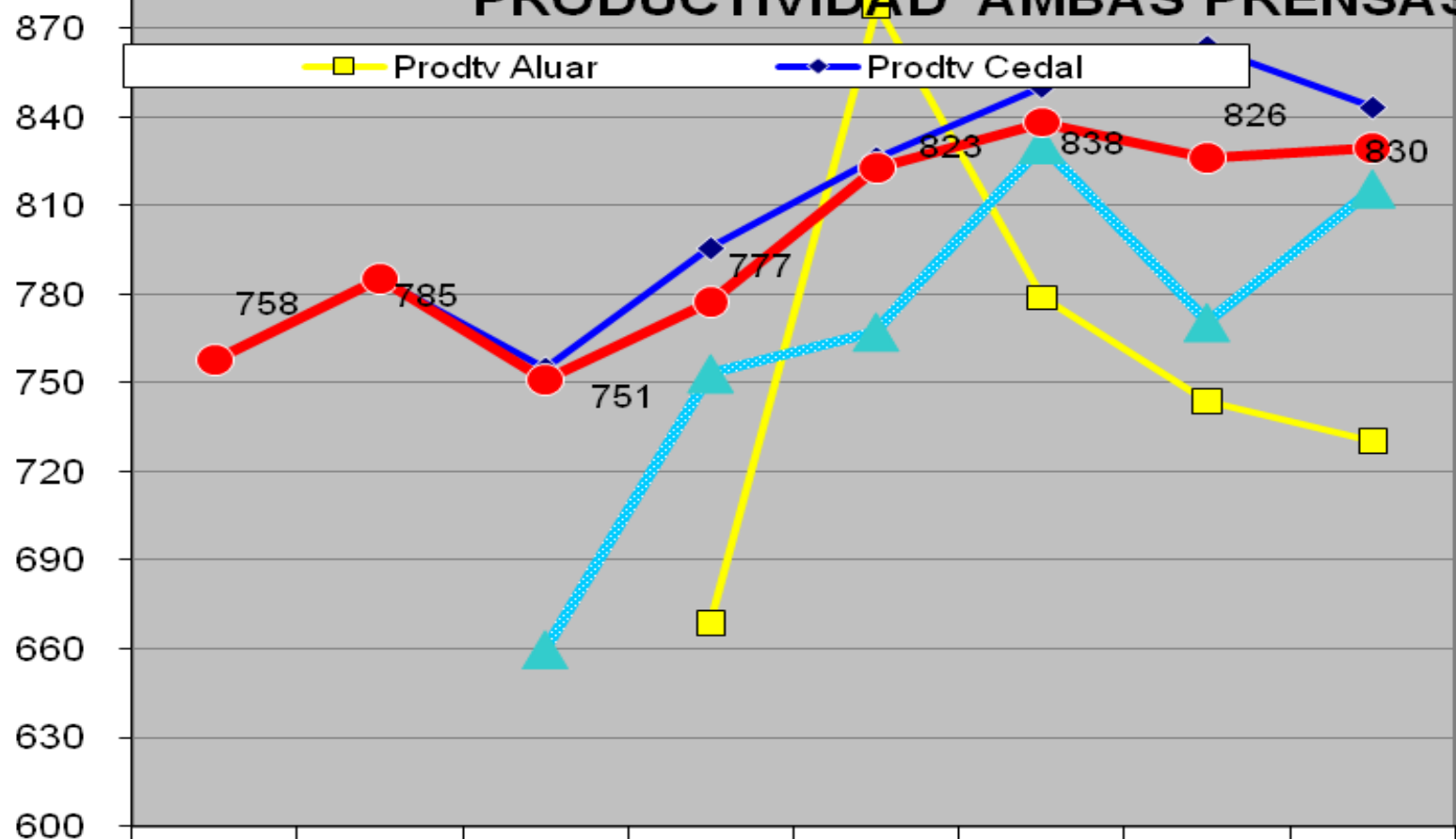
Elaborado por: Henry A. Jácome V.

**Fuente:** Extrusión en el año 2011 desde Enero hasta Cierre del mes de Agosto del 2011.



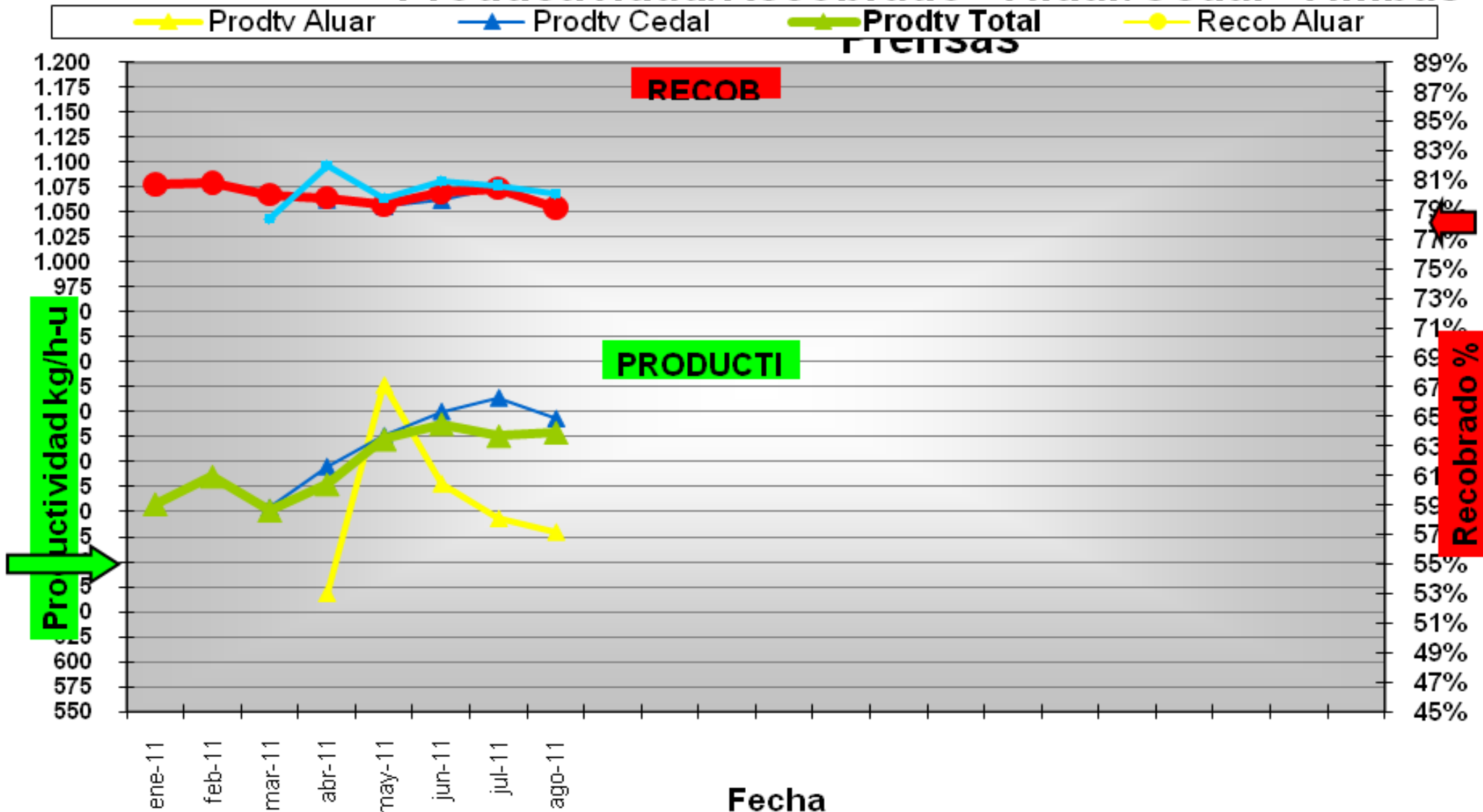


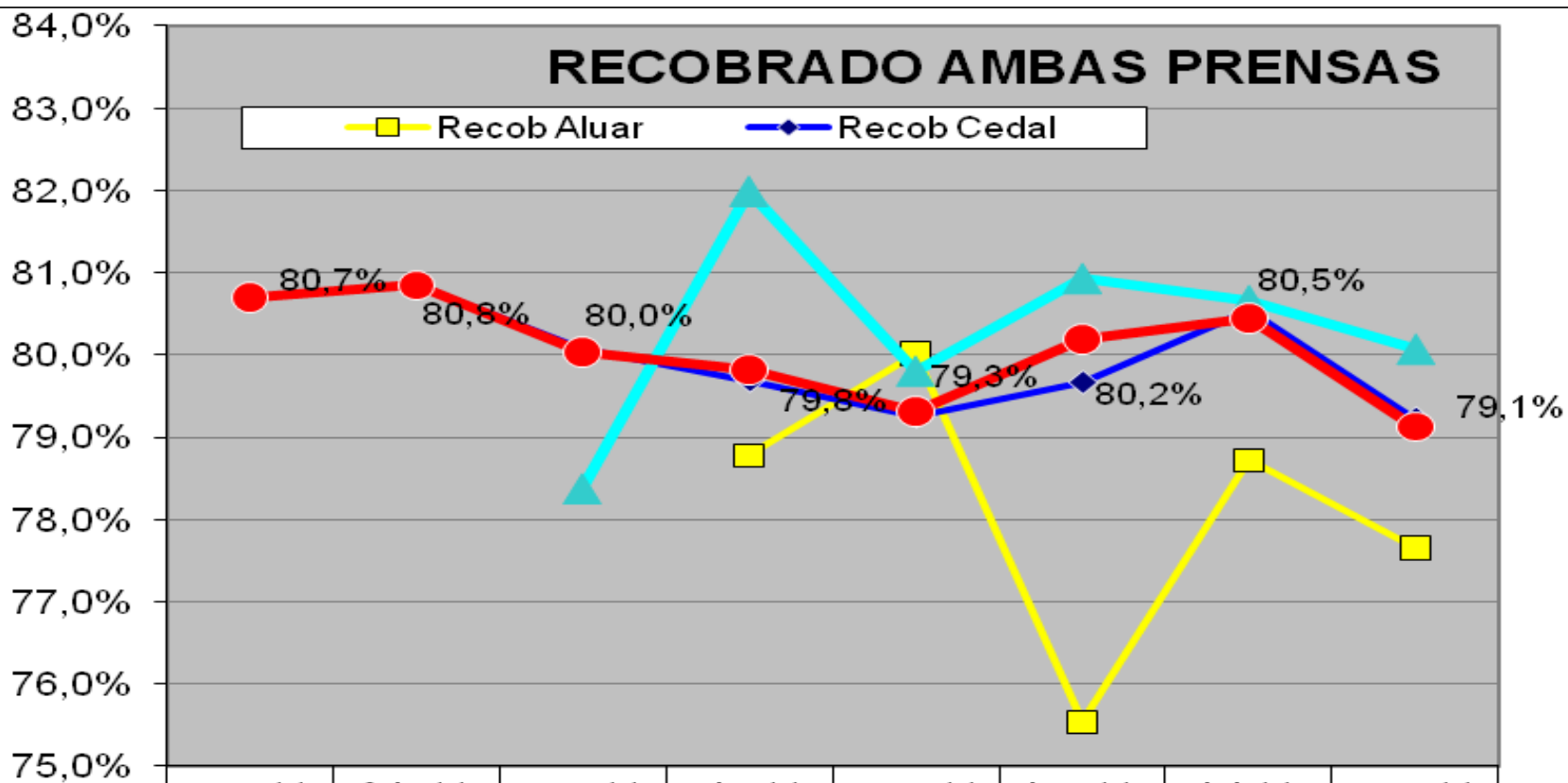
## PRODUCTIVIDAD AMBAS PRENSAS



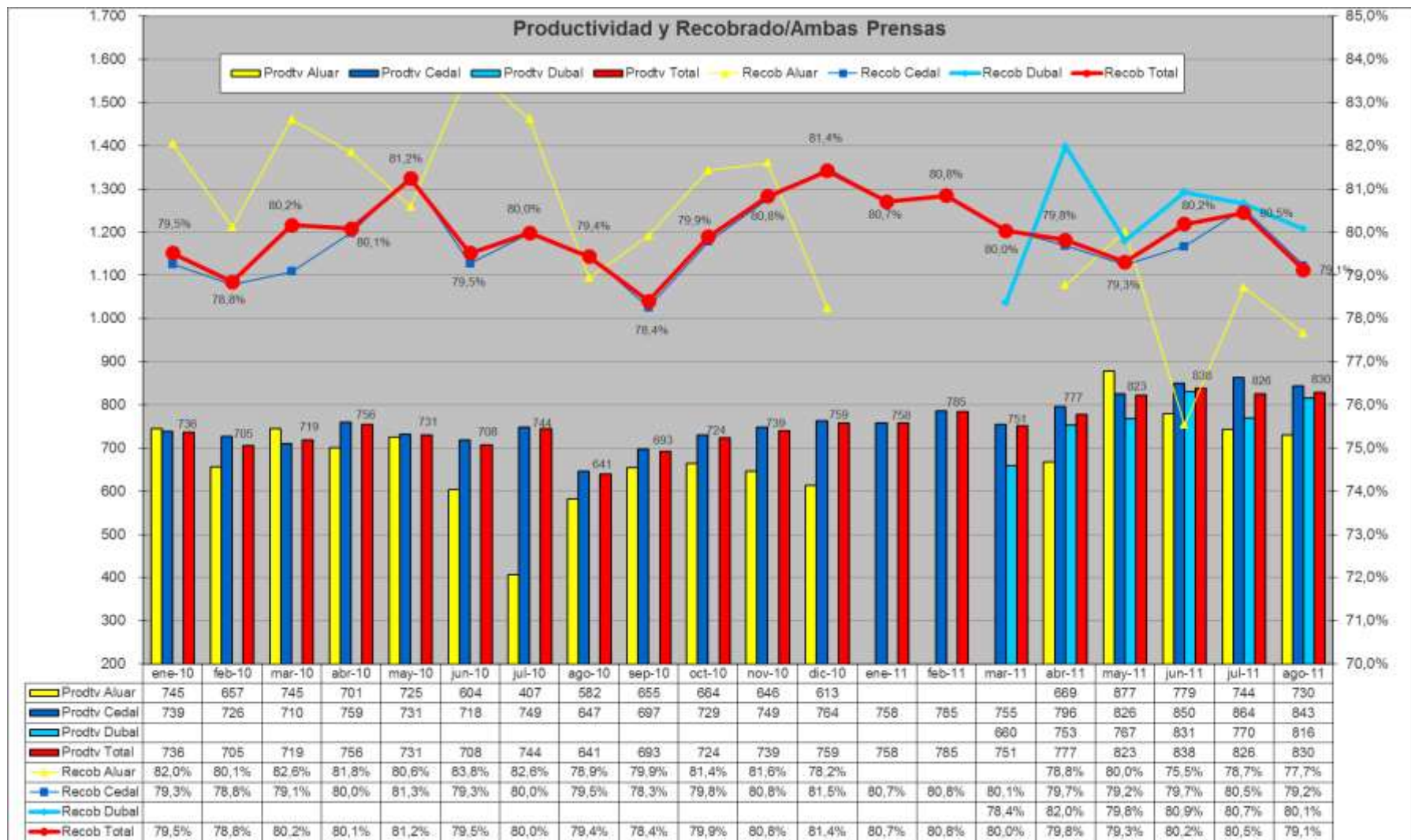
Prodtv Aluar				669	877	779	744	730
Prodtv Cedal	758	785	755	796	826	850	864	843
Prodtv Dubal			660	753	767	831	770	816
Prodtv Total	758	785	751	777	823	838	826	830

# Productividad/Recobrado - Aluar/Cedal - Ambas





	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11
Recob Aluar				78,8%	80,0%	75,5%	78,7%	77,7%
Recob Cedal	80,7%	80,8%	80,1%	79,7%	79,2%	79,7%	80,5%	79,2%
Recob Dubal			78,4%	82,0%	79,8%	80,9%	80,7%	80,1%
Recob Total	80,7%	80,8%	80,0%	79,8%	79,3%	80,2%	80,5%	79,1%



Elaborado por: Henry A. Jácome V.

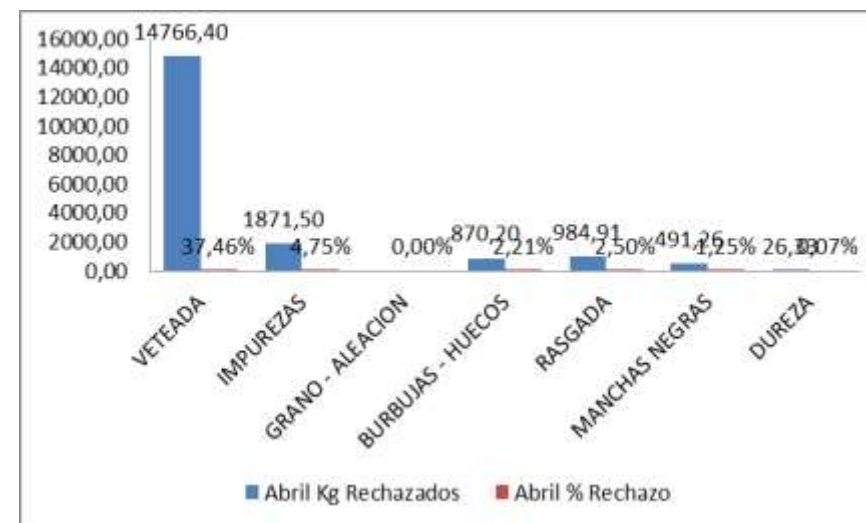
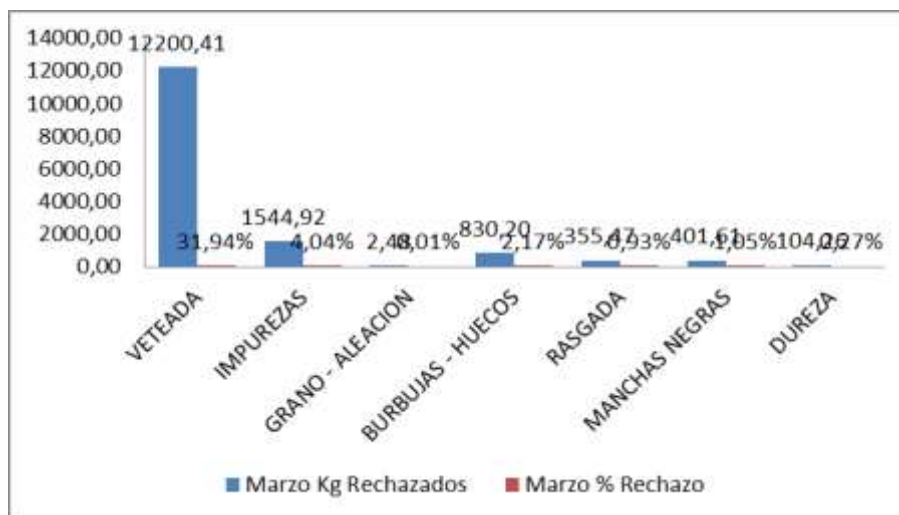
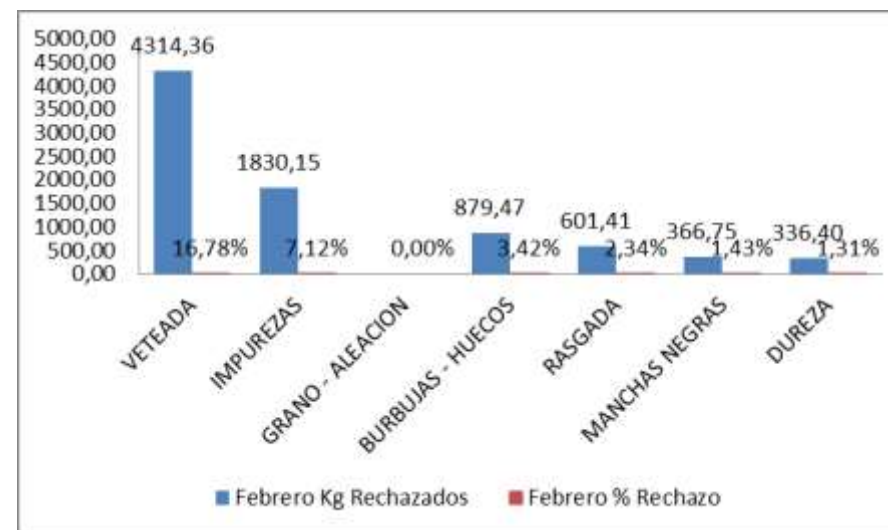
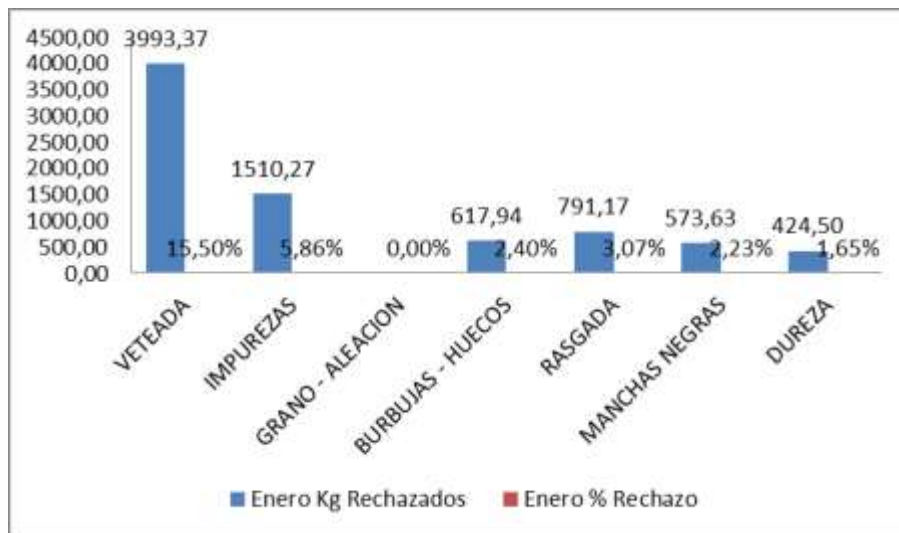
Fuente: Producción de Ambas Prensas en el año 2011 desde Enero hasta el cierre del mes de Agosto.

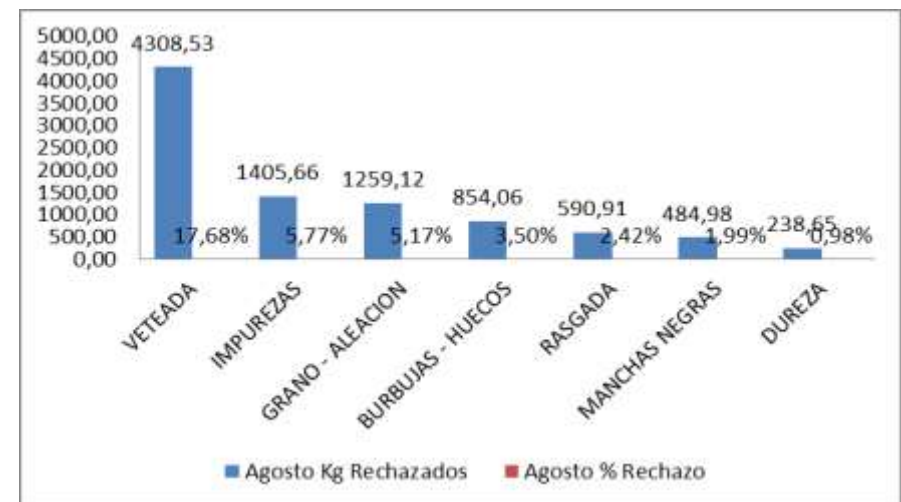
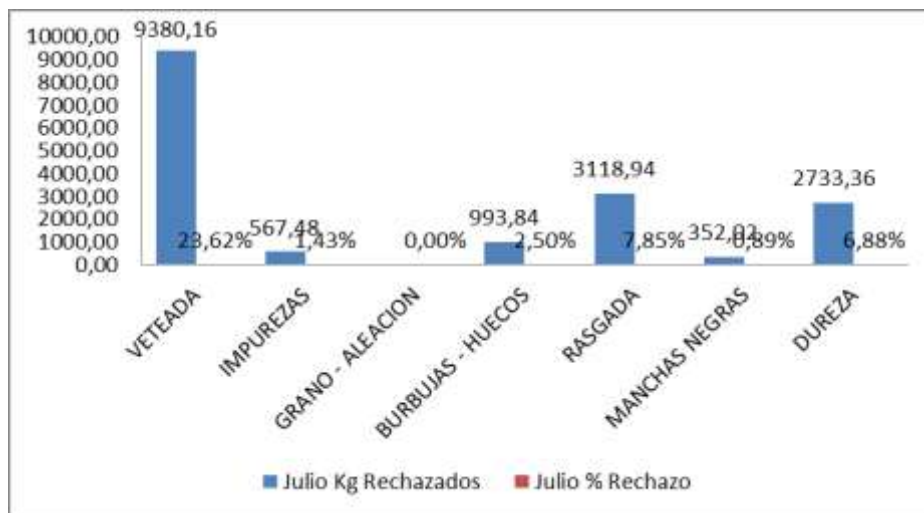
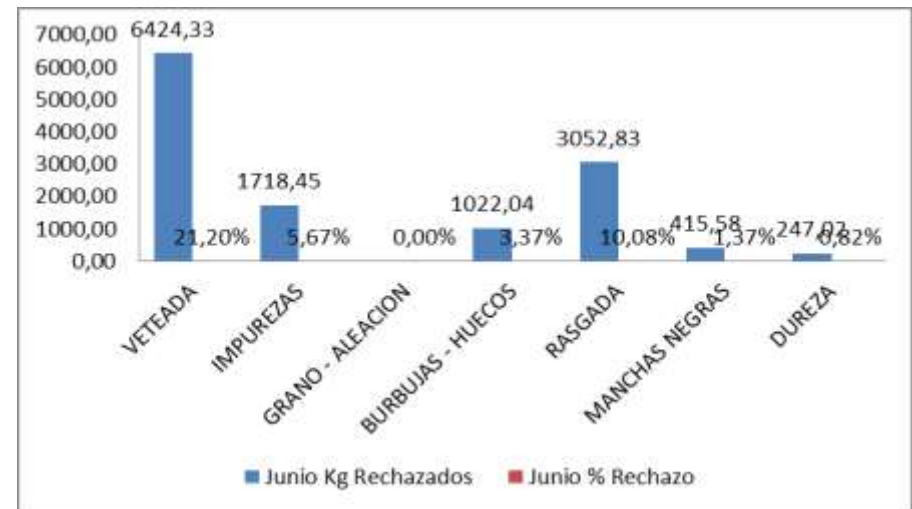
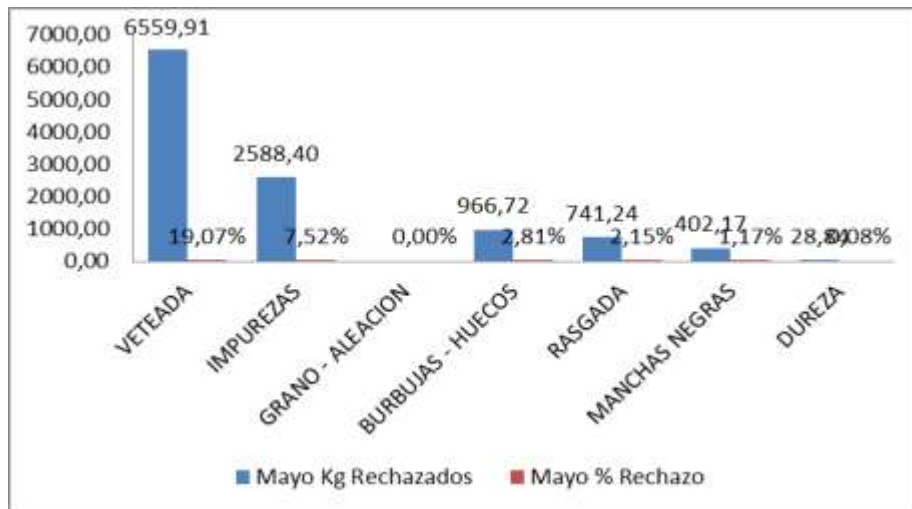
**TABLA N° 5.4 RESULTADOS DE PRODUCCION FUNDICION 2011**

<b>MES ENERO</b>	PROD. BRUTA	RECHAZOS S.H	RECHAZOS H	PRODUCCION NETA Kg.	CONSUMO DE CHATARRA	
Total general	1120536	58469,2	60874,541	1120536	1179198,00	
<b>MES FEBRERO</b>						
Total general	1034682	53103,35	50697,94	1034682	1071395,06	
<b>MES MARZO</b>						
Total general	1118500	0	0	1118500	1177478,53	
<b>MES ABRIL</b>						
Total general	776752	137196,938	0	776752	811348,00	Menos produccion por falta de chatarra
<b>MES MAYO</b>						
Total general	703110	91774,384	19928,461	703110	764754,87	Parada por Mantenimeinto Anual
<b>MES JUNIO</b>						
Total general	509480	29755,576	38024,93	509480	554440,00	Parada por Mantenimeinto Anual
<b>MES JULIO</b>						
Total general	947740	40557,2767	34098	873084	994119,26	
<b>MES AGOSTO</b>						
Total general	1026614	49828,4025	68234	908551	1153062	

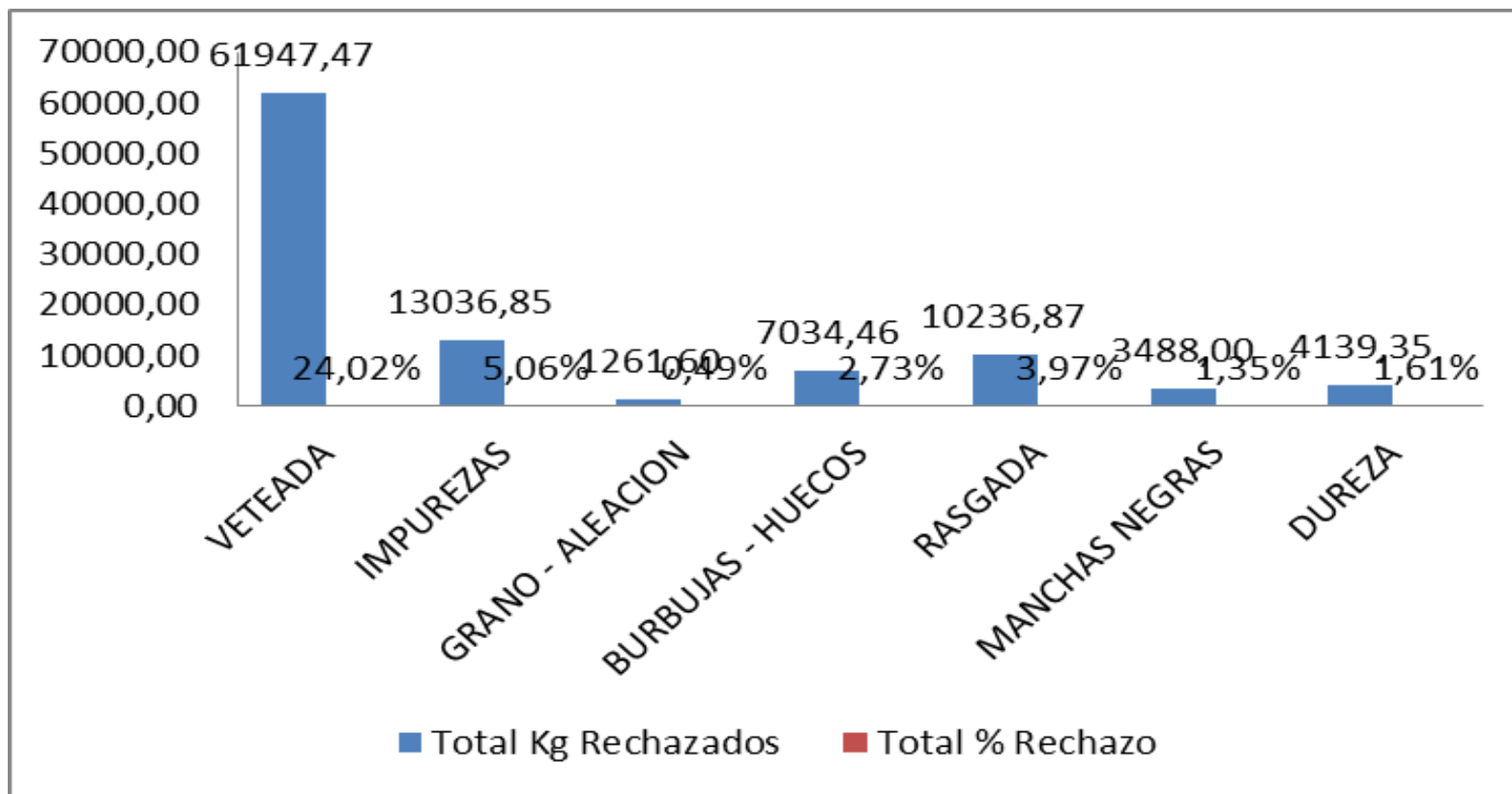
**Fuente:** Producción de Fundición del año 2011 desde Enero hasta el cierre del mes de Agosto.











**Elaborado por:** Henry A. Jácome V. – William Real.

**Fuente:** Fundición en el año 2011 desde Enero hasta Cierre del mes de Agosto, proporcionado por H. Navas.

## 5.6 CONCLUSIONES

El proyecto de investigación permite determinar las siguientes conclusiones:

El estar enterados de que el magnesio es un metal moderadamente duro, argénteo y que se fabrica rápidamente por todos los métodos estándar, nos hace caer en la cuenta de que es uno de los metales no ferrosos más importantes y el más ligero de los metales estructurales.

Al realizar este trabajo de investigación se pudo llegar a la conclusión que existe variaciones o inestabilidad en la composición química debido a que el proceso es de colada continua es decir sale 2 Toneladas de Producción e ingresa 2 Toneladas de Chatarra.

Las condiciones de clima laboral, actitud de la gente, tema de ergonomía en el Trabajo.

De igual manera se noto que no hay un Mantenimiento Predictivo Adecuado al igual que una Termografía de los Principales Equipos de Trabajo.

Al igual se noto que no existe un adecuado stock de chatarra, químicos, retraso de pedidos debido a políticas gubernamentales por Ejemplo en Venezuela 2 Empresas que nos proveen de Chatarra quebraron debido a medidas tomadas por el Sr. Presidente Hugo Chávez.

Existe inestabilidad en la Materia Prima en el Mercado Internacional.

El estudio sobre el funcionamiento actual y el ideal recomendado, ayudo a generar una comparación que revela los factores que requieren ser mejorados para alcanzar un nivel óptimo de funcionamiento, acorde a las especificaciones y necesidades del cliente interno.

Después de la finalización del proyecto es preciso establecer que se cumplió con todas las necesidades y objetivos que fueron planteados por parte del investigador.

## **5.7 RECOMENDACIONES**

El proyecto de investigación permite determinar las siguientes recomendaciones:

Realizar una re inducción al personal con los profesiogramas y funciones a desempeñar en cada puesto de trabajo y personal encargado del mismo.

Evaluar los Métodos de Mantenimiento, Confiabilidad y disponibilidad de los Equipos, realizar una correcta Gestión de Mantenimiento tanto Preventivo así como Predictivo, realizar un seguimiento a los principales Motores y Bombas del área.

Se debe implementar un laboratorio de metalúrgica para poder realizar un mejor control en el ámbito de ingeniería de materiales, así como una adecuada Termografía a los Hornos Tanto de Fundir como de Homogenizar.

Es necesario poseer los manuales de los fabricantes de los equipos para tener en cuenta sus especificaciones y facilitar de esta manera el análisis al conseguir un punto de referencia del cual partir o al que se desea llegar.

Investigar la estructura y el funcionamiento de los elementos más esenciales que componen los equipos, para establecer las condiciones más adecuadas de trabajo.

## 5.8 FUENTES BIBLIOGRAFICAS.

1. Emery, D. R. & Finery, J. D. (2000). *Administración Financiera Corporativa: Fundamentos de Administración Financiera*. España: Editorial Prentice Hall.
2. Moyer, C., McGuigan J. & Kretlow, W. (2000). *Administración Financiera Contemporánea: 7ma. ed.* México D.F.: Editorial Thomson.
3. Van Horne, J. (1997). *Administración Financiera*. España: Editorial Prentice Hall.
4. Chiavenato, I. (2003). *Administración en los nuevos tiempos*. Bogotá: McGraw-Hill.
5. Vejarano, G. (2004). *Apuntes de Metodología de Investigación de Postgrados*. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.
6. Allen, Webster, L. (2000). *Estadística aplicada a los negocios 3ra ed.* Colombia, Bogotá: McGraw-Hill.
7. Ross, S., Westerfield, R. & Jaffe, J. (2000). *Finanzas Corporativas 5ta. ed.* España: Editorial McGraw – Hill.
8. Páscale, R. (2001). *Administración Financiera: Introducción al Análisis de Decisiones Financieras*. Colombia: Ediciones Contabilidad Moderna
9. Coca, P. (1992). *Manual del aluminio tr. 2da ed.* Barcelona: Editorial Reverté, SA.
10. García Lezana, E. (1989). *Mantenimiento Industrial*. México: Editorial Continental.
11. Hill Hernández, R. (2003). *Metodología de la Investigación 2da ed.* Bogotá: McGraw-Hill.
12. Méndez, A. (2004). *Metodología: Diseño y Desarrollo del proceso de Investigación 3ra ed.* Bogotá: Mc. Graw-Hill.
13. Universidad Tecnológica Equinoccial. (2006). *Manual para el desarrollo de trabajos de grado*. Quito.
14. Timoshenko, H. (2004). *Resistencia de Materiales: Propiedades generales del Aluminio*. Madrid: Prentice Hall.
15. Sheppard, T. Extrusion of aluminum alloys, Ediciones Kluwer academic publishers, Holanda, 1999, pág. 205.

## **SITIOS WEB**

1. Aluminium Distributing. (2001-2010). Aluminium signs: Aluminium for Marine & Industrial uses. Extraído el 03 de Mayo, 2010 de <http://www.worldaluminium.org>
2. Reciclon, (2004). Que es reciclar, Por que reciclar, Obstáculos para el reciclaje. Extraído el 03 de Mayo, 2010 de <http://www.reciclon.net/reciclar.htm>.
3. Fred Church L. (1997-2004). El ciclo del reciclaje del aluminio: Reciclado y medio ambiente, Reciclabilidad. Extraído el 03 de Mayo, 2010 <http://www.inti.gov.ar/reciclado>.
4. Asociación para el Reciclado de Productos de Aluminio, (2005). El Reciclado de Productos de Aluminio: Por que reciclar aluminio. Extraído el 07 de Mayo, 2010 de. <http://www.arpal@aluminio.org>.
5. Bustos, W. C. (2010). Menú Principal: Quienes somos, Nuestros Productos, Política Ambiental, Gestión Ambiental. Extraído el 07 de Mayo, 2010 de <http://www.rimesa.com.ec/index.html>.
6. Neuronavirtual, (2002, Buenos Aires, Argentina). Reciclajes Internacionales: Quienes Somos, Nuestros Productos. Extraído el 07 de Mayo, 2010 de <http://www.recynter.com.ec>
7. Neuronavirtual, (2002, Buenos Aires, Argentina). Grupo Mario Bravo: Compromiso del Grupo, Nuestras Empresas. Extraído el 07 de Mayo, 2010 de. <http://www.recimetal.com/default.htm>
8. Recicladora Internacional de Metales, (2007-2008). Quienes Somos, Comercialización en el Mercado Nacional e Internacional. Extraído el 10 de Mayo, 2010 de. <http://www.rexmetal.com>
9. Altsphere Production, (2010, Copyright) Metal Recyclers: Aluminum Wholesale. Extraído el 10 de Mayo, 2010 de. <http://www.reciclametal.com>
10. Twitter, (© 2010). COMEC: Nuestra Empresa, Infraestructura; Reciclaje. Extraído el 15 de Mayo, 2010 de. <http://www.comec.cl>.
11. ALCICLA, (2000, Venezuela). Quiénes somos & Qué producimos: Estándares mundiales de desempeño, Reciclaje de aluminio. Extraído el 15 de Mayo, 2010 de. <http://www.alcicla.com.ve>

12. ALUMINIOS DEL PANAMA, SA. (1990, República de Panamá). Historial de la Empresa, Nuestros Productos. Extraído el 15 de Mayo, 2010 de. <http://www.aluminiodepanama.com>
13. Exefire, Renamet. (2008). Acerca de RENAMET: Nuestros Productos, Materiales. Extraído el 15 de Mayo, 2010 de. <http://www.renamet.cl>
14. ECUAWEB, O. (2008). Perfil, Que hacemos: materias primas para la industria. Extraído el 02 de Junio, 2010 de. <http://www.nutecamerica.com>
15. CORPORACIÓN FURUKAWA, (Lima-Perú). Nuestra Corporación: Quienes Somos, Historia. Extraído el 02 de Junio, 2010 de. <http://www.furukawa.com.pe>
16. Neoaluminio ©. (2006, Brasil). La Empresa, Estructura, Estándares de Calidad. Extraído el 02 de Junio, 2010 de. <http://www.neoaluminio.com.br>
17. The International Aluminium Institute. (2010). Aluminium for Future Generation: Global Scorecard 2009. Extraído el 02 de Junio, 2010 de. <http://www.world-aluminium.org>

### **Referencias técnicas cortesía de CEDAL SA.**

1. Ing. Navas, H. (2010). Procedimiento de Fundición: Referencias, Descripción de las actividades en los procesos de fundición, Flujo de procesos, Datos de Producción.
2. Ing. Real, W. (2010). Control de proceso colado: Parámetros a controlar.
3. Ing. Bassantes, J. (2009). Instructivo para proceso de homogenizado, Instructivo para el manejo del espectrómetro.

**ANEXOS**



FOTOGRAFIAS DE CHATARRA EN LA EMPRESA CEDAL SA.



CLA  
SIFI  
CAC  
ION  
DE  
CH  
ATA  
RRA  
·  
CH

ATARRA DE MESA  
LIMPIA



CHA  
TAR  
RA

COMPACTADA



CAR  
GA  
DO  
R  
TIP  
O  
BA  
NDE  
JA



HORNO DE FUNDIR HERWITCH



CAMARA DESGASIFICADORA



MELTING



SIERRA VOLANTE



MOLDES PARA LA FABRICACION DE LOS LINGOTES AA



CARGA PARA EL HORNO DE HOMOGENEIZADO



PLANTA DE FUNDICION CEDAL SA.



PRODUCTO TERMINADO PARA CONSUMO DE EXTRUSION.