



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS (CIYA)
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

Tema:

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO EN LA PERFILERÍA DE ALUMINIO EN LA EMPRESA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO S.A CEDAL”

Autor:

Sandoval Jiménez Carlos Iván

Tutor Académico:

Ing. MsC. Benjamín Chávez

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero - 2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, SANDOVAL JIMÉNEZ CARLOS IVÁN con C.I. 050396938-8, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO EN LA PERFILERÍA DE ALUMINIO EN LA EMPRESA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO S.A CEDAL”, siendo el Ing. MsC. Benjamín Belisario Chávez Ríos Tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad

Sandoval Jiménez Carlos Iván

CC: 050396938-8



AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO EN LA PERFILERÍA DE ALUMINIO EN LA EMPRESA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO S.A CEDAL”. Del estudiante: Sandoval Jiménez Carlos Iván, con cedula de ciudadanía N° 050396938-8, de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación del Proyecto que el consejo directivo de la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi** designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero 2023

Ing. Msc. Benjamín Belisario Chávez Ríos

C.I. 171676037-4



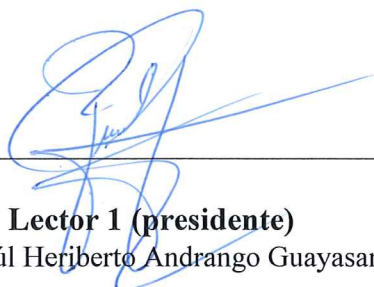
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente proyecto de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el o los postulantes: Sandoval Jiménez Carlos Iván con C.I: 050396938-8, con el título de Proyecto de titulación: **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO EN LA PERFILERÍA DE ALUMINIO EN LA EMPRESA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO S.A CEDAL** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

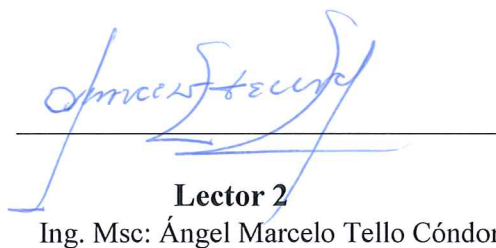
Latacunga, febrero del 2023

Para constancia firman:



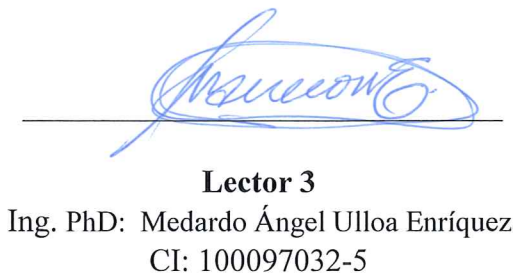
Lector 1 (presidente)
Ing. Msc: Raúl Heriberto Andrango Guayasamín

CI: 171752625-3



Lector 2
Ing. Msc: Ángel Marcelo Tello Córdor

CI: 050151855-9



Lector 3
Ing. PhD: Medardo Ángel Ulloa Enríquez
CI: 100097032-5



AVAL EMPRESA CEDAL S.A LATACUNGA

Latacunga, 03 de Marzo del 2023

Ing. Edison Salazar

DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Presente. -

En calidad de Jefe del área de Fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A CEDAL Latacunga, confirmo la realización del proyecto investigación **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO EN LA PERFILERÍA DE ALUMINIO EN LA EMPRESA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO S.A CEDAL”**. Implementado por el señor estudiante de la **Universidad Técnica de Cotopaxi**, carrera de **Ingeniería Industrial**; Sandoval Jiménez Carlos Iván con C.I. 050396938-8.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para el interesado pueda hacer uso para los fines que crea conveniente.

Atentamente,

Ing. Msc. Bladimiro Hernán Navas Olmedo

Jefe de Fundición CEDAL S.A Latacunga

C.C. 050069554-9

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mis padres, Carlos Sandoval y María Jiménez por su apoyo incondicional, por saber guiarme por el buen camino para convertirme en una gran persona y excelente profesional. A mis amigos de toda la vida, Stalin, Darwin, William, Romel, Diego, por siempre estar presentes en las buenas y malas, por cada consejo y ayuda brindada. A mi mejor amiga Lesly Nuñez por nunca dejarme solo, por velar por mi bienestar emocional y siempre estar ahí a pesar de la distancia.

A la empresa Cedal Latacunga por abrirme las puertas y confiar en mis capacidades, al Ing. Hernán Navas y al Ing. Germán Correa por impartirme sus conocimientos y guiarme en mi trabajo de tesis.

A todas aquellas personas que de una u otra manera estuvieron presentes para obtener mi título universitario ya que se convirtieron en un pilar fundamental y muy importante en mi vida.

Iván Sandoval

DEDICATORIA

A Dios por la vida y la salud.

A mis padres y mis hermanos por siempre estar ahí pese a los malos momentos que nos ha tocado vivir.

A mis amigos y amigas que me apoyaron y me motivaron con palabras de aliento para seguir luchando hasta el final.

A mis familiares que me motivaron a seguir adelante y personas que se convirtieron en alguien muy importante en mi vida.

Iván Sandoval

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA	i
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AVAL DE LA EMPRESA	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xv
INFORMACIÓN GENERAL	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 EL PROBLEMA	3
1.1.1 Planteamiento del Problema	3
1.1.2 Formulación del Problema.....	3
1.2 BENEFICIARIOS.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 HIPÓTESIS.....	5
1.5 OBJETIVOS	6
1.5.1 Objetivo General	6
1.5.2 Objetivos Específicos.....	6
1.6 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS	

PLANTEADOS	7
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8
2.1 ANTECEDENTES	8
2.2 MARCO TEÓRICO.....	9
2.2.1 El Aluminio.....	9
2.2.2 Características físicas mecánicas y químicas del aluminio.....	10
2.2.3 Obtención del aluminio industrial.....	10
2.2.4 Aluminio Primario	11
2.2.5 Aluminio Secundario	11
2.2.6 Reciclaje de aluminio.....	11
2.2.7 Aleaciones de aluminio.....	12
2.2.8 Designación de la aleación.....	12
2.2.9 Aportaciones de los elementos aleantes del aluminio.....	13
2.2.10 Aleaciones del aluminio sin tratamiento térmico o para forjamiento	13
2.2.11 Aleaciones de aluminio con tratamiento térmico o para fundición	14
2.2.12 Tratamientos térmicos del aluminio.....	16
2.2.13 Proceso de Extrusión.....	18
2.2.14 Endurecimiento por envejecimiento	19
2.2.15 Tratamiento por solubilización	20
2.2.16 Templado	20
2.2.17 Envejecimiento	20
2.2.18 Tipos de tratamientos de envejecido del aluminio.....	21
2.2.19 Metalografía.....	22
2.2.20 Pulido intermedio.....	24
2.2.21 Pulido fino.....	24
2.2.22 Ataque	24

2.2.23	Serie 6xxx del aluminio	24
2.2.24	Aleaciones de aluminio serie 6000	25
2.2.25	Aleación de aluminio 6063	25
2.2.26	Hornos de Envejecimiento.....	26
2.2.27	Espectrómetro	26
3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	27
3.1	METODOLOGÍA	27
3.1.1	Tipo de Investigación.....	27
3.2	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	28
3.2.1	Estado Actual	28
3.2.2	Ubicación de la Empresa	28
3.2.3	Organigrama general de la empresa.....	29
3.2.4	Misión	30
3.2.5	Visión.....	30
3.2.6	Principios Corporativos	30
3.2.7	Información de la empresa.....	30
3.2.8	Procesos productivos de la empresa Cedal	31
3.2.9	Elementos e insumos principales de las aleaciones producidas por Cedal.....	32
3.2.10	Insumos Principales	34
3.2.11	Diagrama de flujo del proceso.	35
3.2.12	Horno de envejecimiento	36
3.2.13	Análisis inicial del proceso de envejecimiento	36
3.2.14	Análisis de la norma NTE INEN 2250	38
3.2.15	Revisión de la normativa NTE INEN 2250	38
3.2.16	Requisitos.....	41
3.2.17	Acabado superficial	43

3.2.18	Rayas pronunciadas de matriz	44
3.2.19	REPOTENCIACIÓN DEL HORNO DE PRUEBAS.....	49
3.2.19.1	Diagrama de flujo del proceso de envejecimiento en el horno de pruebas ..	50
3.3	Evaluación.....	54
3.3.1	Evaluación Técnico.....	54
3.3.2	Evaluación Social.....	55
3.3.3	Evaluación Ambiental.....	55
3.3.4	Evaluación Económica.....	55
4.	CONCLUSIONES DEL PROYECTO	56
4.1	CONCLUSIONES	56
4.2	RECOMENDACIONES	56
	BIBLIOGRAFÍA	57
	ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto.....	4
Tabla 2: Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	7
Tabla 3: Grupos de aleaciones de aluminio [11]	13
Tabla 4: Características de las series del aluminio [13]	15
Tabla 5: Técnicas e Instrumentos	28
Tabla 6: Límites de composición química.....	41
Tabla 7: Requisitos mecánicos	46
Tabla 8: Temple en aluminio extruido [25]	48
Tabla 9: Tabla de probetas de billet aleación 6063	51
Tabla 10: Tabla de probetas de perfil cuadrado aleación 6063	52
Tabla 11: Tabla de probetas de perfil cuadrado aleación 6063	52
Tabla 12: Tabla de probetas de perfil cuadrado aleación 6063	53
Tabla 13: Tabla de probetas de perfil cuadrado aleación 6063	54
Tabla 14: Presupuesto del proyecto	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Lingotes de aluminio [6].....	10
Figura 2:	Proceso de obtención de aluminio [8]	11
Figura 3:	Nomenclatura de las aleaciones del aluminio [9]	12
Figura 4:	Representación de los tratamientos térmicos [14].....	16
Figura 5:	Solubilidad de la aleación 6063 [14]	17
Figura 6:	Curva de homogenizado de la empresa Cedal S.A.....	18
Figura 7:	Esquema de extrusión directa [15]	19
Figura 8:	Evolución de la dureza en función del tiempo de envejecimiento [12]....	19
Figura 9:	Baquelita para probetas [14].....	23
Figura 10:	Ataque químico de una probeta [19]	24
Figura 11:	Horno de Envejecimiento [22]	26
Figura 12:	Espectrómetro de Cedal.....	26
Figura 13:	Ubicación de la empresa Cedal	28
Figura 14:	Silicio utilizado en el proceso de fundición de Cedal S.A	33
Figura 15:	Magnesio utilizado en el proceso de fundición de Cedal S.A	33
Figura 16:	TiBor utilizado en el proceso de fundición de Cedal S.A	34
Figura 17:	Inyección de Argón en el desgasificador en fundición de Cedal S.A	34
Figura 18:	Horno de envejecimiento de Cedal S.A.....	36
Figura 19:	Curvas de envejecimiento del horno de Cedal S.A	37
Figura 20:	Rayas pronunciadas de matriz. [25]	44
Figura 21:	Burbujas del extruido [25].....	44
Figura 22:	Grietas en el perfil de aluminio [25].....	45
Figura 23:	Corrosión en el perfil de aluminio [25]	45
Figura 24:	Exterior e Interior del horno convencional.....	49

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO EN LA PERFILERÍA DE ALUMINIO EN LA EMPRESA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO S.A CEDAL”

Autor: Carlos Iván Sandoval Jiménez

RESUMEN

El presente trabajo de tesis se enfoca en la optimización del proceso de envejecimiento en los perfiles de aluminio producidos por la empresa Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A Cedal, el cual tiene como objetivo reducir la cantidad de desperdicios de material extruido en forma de perfiles de aluminio, estos últimos al no contar con la dureza que se requiere, siendo ésta última 7 grados en la escala de Webster como parámetro mínimo y como máximo 10 grados en la escala de Webster. Cedal al realizar billets de la serie 6000 de aluminio, específicamente con la aleación 6063 de tipo arquitectónico, requieren la utilización de elementos químicos como son el Silicio, Magnesio y Aluminio. Para ello se realizó el levantamiento de información del envejecimiento con la finalidad de conocer su estado actual y posteriormente proceder a elaborar un análisis de la curva actual con la cual trabaja Cedal al momento de someter los perfiles de aluminio al tratamiento térmico para la obtención de dureza. Tras conocer el estado actual de envejecimiento se analizó la norma NTE INEN 2250 la cual detalla los parámetros que debe cumplir la empresa al momento de fabricar los billets, tanto para su composición química como para su dureza. Finalmente, con la repotenciación de un horno convencional se realizó pruebas con la utilización de probetas con la finalidad de conocer la curva con la que debe contar cada lote de producción, este tipo de pruebas permiten obtener una optimización del envejecimiento ya que se reduce el rechazo generado en el horno de tratamiento térmico industrial por diferentes factores que pueden afectar la dureza en los perfiles de aluminio, los resultados obtenidos con la utilización del horno de pruebas entregan datos confiables, notando su mejora de envejecimiento basados en la dureza que deben obtener los perfiles pasando de un promedio de 2 grados Webster en las primeras pruebas sin realizar ningún cambio en el horno de pruebas a un promedio de 8 y 9 grados Webster realizando mejoras en su estructura.

Palabras claves: Envejecimiento, optimización, repotenciación, dureza.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES SCHOOL

THEME: "OPTIMIZATION OF THE AGING PROCESS IN THE ALUMINUM PROFILE IN THE COMPANY CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO S.A CEDAL"

Author: Carlos Iván Sandoval Jiménez

ABSTRACT

This research project focuses on the optimization of the aging process in aluminum profiles produced by the company Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A Cedal, which aims to reduce the amount of waste of extruded material in the form of aluminum profiles, the last ones which do not have the required hardness, which is of 7 degrees on the Webster scale as a minimum parameter and a maximum of 10 degrees on the Webster scale. Cedal when making billets of the 6000 series of aluminum, specifically with the 6063 architectural alloys, requires the use of chemical elements such as Silicon, Magnesium, and Aluminum. For this purpose, the aging information was collected in order to know its current state, then to proceed to elaborate an analysis of the current curve with which Cedal works when submitting the aluminum profiles to heat treatment to obtain hardness. After knowing the current state of aging, the NTE INEN 2250 standard was analyzed, which details the parameters that the company must comply with when manufacturing the billets, both for their chemical composition and for their hardness. Finally, with the repowering of a conventional furnace, tests were carried out with the use of test tubes in order to know the curve that each production batch must have. This type of test allows optimization of aging since rejection is reduced. generated in the industrial heat treatment furnace by different factors that can affect the hardness in aluminum profiles, the results obtained with the use of the test furnace provide reliable data, noting its aging improvement based on the hardness that the profiles must obtain going from an average of 2 Webster degrees in the first tests without making any changes in the test furnace to an average of 8 and 9 Webster degrees making improvements in its structure.

Keywords: Aging, optimization, repowering, hardness.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: “**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO EN LA PERFILERÍA DE ALUMINIO EN LA EMPRESA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO S.A CEDAL**” presentado por: **Sandoval Jiménez Carlos Iván**, egresado de la Carrera de: **Ingeniería Industrial**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Febrero del 2023

Atentamente,



CENTRO
DE IDIOMAS

M.Sc. ERIKA CECILIA BORJA SALAZAR
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
0502161094

INFORMACIÓN GENERAL

Título: “Optimización del proceso de envejecimiento en la perfilería de aluminio en la empresa Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A Cedral”

Fecha de inicio:	Octubre 2022
Fecha de finalización:	Febrero 2023
Lugar de ejecución:	Provincia de Cotopaxi, Latacunga Av. Unidad Nacional
Unidad Académica que Respalda:	Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)
Carrera que respalda:	Ingeniería Industrial
Proyecto de investigación vinculado:	Carrera de Ingeniería Industrial.
Tutor de Proyecto de Investigación:	
Nombre:	Ing. MSc. Benjamín Belisario Chávez Ríos
Cédula de Identidad:	171676037-4
Celular:	0961326990
Correo electrónico:	benjamin.chavez0374@utc.edu.ec

Estudiantes generadores del proyecto de Investigación:

Nombre:	Sandoval Jiménez Carlos Iván
Cédula:	050396938-8
Correo electrónico:	carlos.sandoval9388@utc.edu.ec
Dirección:	La Matriz, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi

Área de Conocimiento

El proyecto se establece en base a las áreas de tecnología industrial y del conocimiento expuestas por la UNESCO en sus códigos.

- ✓ 3310.02. Maquinaria Industrial
- ✓ 3310. Tecnología Industrial

Líneas de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi:

- ✓ Procesos Industriales

Sub líneas de investigación de la carrera:

- ✓ Administración y Gestión de la producción.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación realiza la toma de datos y su respectivo análisis referente al comportamiento que tiene el aluminio al recibir el tratamiento térmico de envejecimiento. Este proceso nos ayuda a que el aluminio obtenga sus propiedades físicas y mecánicas para el respectivo uso del material a comercializar.

Cedal al producir aleaciones de aluminio de la serie 6000 debe realizar un análisis de calidad al momento de elaborar los billets de aluminio en la planta de fundición, tomando en cuenta la composición química de la aleación producida, este proceso de calidad para posteriormente dirigir la materia prima a las prensas de extrusión, las cuales elaboran perfiles de aluminio y luego al horno de maduración artificial (envejecimiento) en el cual se da las propiedades físicas y mecánicas al material. Hay que considerar que este tratamiento térmico tiene un ciclo de dos horas con treinta minutos.

Mediante la utilización de un prototipo de horno de envejecimiento podemos acortar el ciclo de envejecimiento en los perfiles de aluminio, y asegurar la calidad el billet proveniente del área de fundición, ya que al ocurrir un problema con la composición química de los billets genera un problema de pérdida de material, elevación de costos de producción y retraso en la entrega de los pedidos. Por lo cual el prototipo de horno nos ayudará a realizar un estudio previo al envío del billet a el área de extrusión. Mediante las pruebas realizadas se puede determinar que con una probeta del billet podemos conocer el comportamiento del material al momento de someterlo a su tratamiento de envejecimiento, de esta manera se obtendrá la temperatura ideal, se optimizará el tiempo estimado en la aleación 6063 producida por Cedal.

1.1 EL PROBLEMA

1.1.1 Planteamiento del Problema

La Empresa Cedal S.A la cual se dedica a la producción de perfiles en aluminio cuenta con un horno de envejecimiento para brindarle las propiedades físicas y mecánicas al material al producto terminado, el cual debe pasar por varios procesos previos hasta llegar a dicho horno.

El proceso de envejecimiento presenta problemas en la producción de los billets de aluminio, los cuales se hace mención los siguientes:

- Desperdicio de la materia prima en la producción.
- Pérdida de tiempo y repetitividad de los ciclos de procesos del aluminio.
- Falta de dureza en los billets de la aleación 6063.
- La temperatura del horno no tiene un rango específico para la dureza del aluminio.
- La producción de billets de aluminio no cumple con las normas de calidad.
- Las gráficas de calentamiento y enfriamiento no verifican las condiciones establecidas para la dureza.

Cedal al realizar billets de la serie 6000, específicamente de la aleación 6063 se debe realizar un estudio para conocer el tiempo que el material debe estar en el horno de envejecimiento; al tratarse de distintas aleaciones su tiempo debe ser diferente ya que cada una cuenta con propiedades diferentes y su propósito distinto para su comercialización.

La razón por la cual el área de fundición de la empresa Cedal, se encuentra interesada en dar solución a la problemática mediante este proyecto de investigación, es mejorar el comportamiento del material a distintas temperaturas sobre un rango de tiempo, con una reemplazación de un horno convencional para obtener la dureza requerida al momento de recibir el tratamiento térmico en las aleaciones producidas.

1.1.2 Formulación del Problema

La inconsistencia de los parámetros del proceso de envejecimiento del aluminio de la empresa Cedal, da lugar a que se presente una pérdida de materia prima y tiempo de producción ya que el tratamiento térmico al no cumplir con su propósito genera rechazos de material, el mismo que debe iniciar nuevamente con el ciclo de fundición.

1.2 BENEFICIARIOS

Beneficiarios Directos: Los beneficiarios directos son: el área de Fundición de la empresa Cedal, conjuntamente con el personal operativo y administrativo ya que se mejorará y optimizará el proceso de tratamiento térmico de las aleaciones del aluminio

Beneficiarios Indirectos: Los beneficiarios indirectos son aquellos proveedores y clientes, o entidades externas que compran el producto terminado con altos estándares de calidad.

En el presente proyecto, se detalla los siguientes beneficiarios: directos e indirectos.

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto

BENEFICIARIOS DIRECTOS	CANTIDAD
Propietario de la empresa	1
Presidente de la empresa	1
Gerente general	1
Personal administrativo	5
Personal operativo	12
Subtotal directos	20
BENEFICIARIOS INDIRECTOS	CANTIDAD
Clientes	13
Subtotal indirectos	13
Total	33

De acuerdo a la información investigada y proporcionada por parte de Cedal, tenemos una cantidad total de 33 beneficiarios que se encuentran vinculados de manera directa e indirecta en las actividades de la empresa.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La Corporación Ecuatoriana de Aluminio Cedal S.A, ubicada en la ciudad de Latacunga, Provincia de Cotopaxi, dedicada a la comercialización de la perfilería de aluminio, dentro de su cadena de producción debe cumplir varios procesos para llegar al producto final, uno de sus procesos es el tratamiento térmico o envejecimiento de las aleaciones de aluminio producidas por la misma. El proceso de envejecimiento debe cumplir con ciertas condiciones requeridas, considerando el tiempo y respectivamente su temperatura cumpliendo la etapa de enfriamiento para que el material obtenga sus propiedades físicas y mecánicas para su comercialización.

Sin embargo, no se cuenta con estudios o registros de estudios realizados anteriormente que muestren un endurecimiento adecuado con los parámetros requeridos utilizando un horno convencional, que ayuden a establecer una guía referente sobre el envejecido de las aleaciones del aluminio y de toda su perfilería, que se llevará a cabo en el presente trabajo de investigación en la empresa Cedal en la ciudad de Latacunga.

El presente estudio se justifica debido a la necesidad que tiene el área de fundición para conocer resultados de manera cuantitativa, como mejorar los niveles o el rango la temperatura y el tiempo que debe permanecer la aleación 6063 para su endurecimiento, estas condiciones son esenciales al momento de llevar a cabo el proceso de envejecimiento de la perfilería de aluminio ya que de ésta manera se llevará un control adecuado del tratamiento térmico al que debe ser sometido el material.

La investigación es un proyecto viable ya que se cuenta con personal capacitado y la facilidad en el área de estudio por parte de la empresa, permite un análisis, síntesis y destrezas investigativas por parte del estudiante de titulación, además se cuenta con una orientación de un docente especializado en el área y formación investigativa.

1.4 HIPÓTESIS

La optimización del proceso del tratamiento térmico del aluminio en el laboratorio del área de fundición permitirá obtener tiempos y temperaturas que mejorarán los valores de dureza requeridos, previo al envío de billets al área de extrusión.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

- Optimizar el proceso de envejecimiento de aluminio de la empresa Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A para la disminución de pérdidas de tiempo y materia prima.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado actual del proceso de envejecimiento mediante el levantamiento de información identificando los parámetros requeridos para la aleación 6063.
- Analizar las causas que impiden que la aleación 6063 de aluminio obtenga la dureza requerida utilizando los parámetros de la norma NTE INEN 2250 para la reducción de desperdicios de material.
- Mejorar el proceso de envejecimiento mediante la utilización de un horno de pruebas para el cumplimiento de parámetros del tratamiento térmico de la aleación 6063 en los billets de aluminio producidos por la empresa CEDAL.

1.6 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2: Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivo	Actividades	Técnicas, medios e instrumentos	Resultados
<p>Diagnosticar el estado actual del proceso de envejecimiento mediante el levantamiento de información identificando los parámetros requeridos para la aleación 6063.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación de información del envejecimiento. • Medición de la temperatura del horno para el proceso de tratamiento térmico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación bibliográfica y de campo. • Observación. • Software Scada 	<ul style="list-style-type: none"> • Curva de temperatura actual con la que trabaja del horno de envejecimiento. • Cumplimiento de las condiciones requeridas para la aleación.
<p>Analizar las causas que impiden que la aleación 6063 de aluminio obtenga la dureza requerida utilizando los parámetros de la norma NTE INEN 2250 para la reducción de desperdicios de material.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de tiempos y temperaturas con las que se obtiene dureza en el aluminio. • Revisión de los parámetros de la normativa para las aleaciones de aluminio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Orientación bibliográfica. • Medición del tratamiento térmico. • Excel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tabla de parámetros de dureza según la normativa para la aleación 6063. • Base de datos de temperatura y tiempo para el tratamiento térmico.
<p>Mejorar el proceso de envejecimiento mediante la utilización de un horno de pruebas para el cumplimiento de parámetros del tratamiento térmico de la aleación 6063 en los billets de aluminio producidos por la empresa CEDAL.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de pruebas en el horno de envejecimiento existente. • Modificaciones mecánicas en la parte interna del horno. • Verificación del funcionamiento correcto del horno para el proceso de envejecido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de pruebas. • Control de temperaturas y tiempo de las probetas. • Excel. • Durómetro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rediseño del horno de envejecimiento. • Cumplimiento de los estándares de dureza en la aleación 6063.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 ANTECEDENTES

Ecuador al ser un país en desarrollo que no ha logrado un nivel significativo de industrialización, carece de oportunidades para crear estrategias, alianzas de estudio e interactuar con las empresas, por ende, en nuestro país existe insuficientes trabajos investigativos referente al tema planteado de titulación, sin embargo, hay fuentes bibliográficas similares al tema de estudio en la optimización del proceso de envejecimiento en la perfilería de aluminio en la empresa corporación ecuatoriana de aluminio S.A Cedal, esto ayudara a mantener la calidad y confiabilidad de los productos terminados para su distribución a distintos puntos de comercialización.

A continuación, se mencionarán algunas investigaciones realizadas que tienen una referencia parecida al trabajo de investigación, la búsqueda se realizó en fuentes confiables; en las cuales se encontró:

En la Universidad Antonio Nariño de la Facultad de Ingeniería Mecánica de Bogotá, existe un trabajo con el tema: EFECTO DEL TIEMPO DE ENVEJECIDO EN LA ESTRUCTURA CRISTALINA Y LA PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ALUMINIO 6061.

Determinan: El proceso o tratamiento térmico por envejecimiento, también llamado tiempo de maduración ha reportado mejorar las propiedades del aluminio en la aleación 6061 produciendo cambios en su estructura y la variación de la dureza del material en diferentes tiempos. El efecto de envejecido es fundamental para obtener condiciones óptimas ligadas a la resistencia y a la dureza. [1]

En la Universidad Libre, Bogotá, de la Ingeniería Mecánica existe un artículo con el tema: INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE ENVEJECIMIENTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS ALUMINIOS 6061 T6 Y 6063 T5.

Determinan: En este trabajo investigativo seleccionaron el aluminio 6061 y el 6063, los cuales se trataron térmicamente a diferentes temperaturas durante varias horas. Se realizó mediante un determinado número de probetas que permitieron analizar el proceso; los resultados presentaron en graficas mostrando la influencia del tiempo y temperatura de las propiedades de las aleaciones del aluminio. [2]

En la Universidad Nacional de Trujillo de la Ingeniería Mecánica de Perú, existe un trabajo con el tema: EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DEL TRATAMIENTO DE ENVEJECIDO ARTIFICIAL EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y MICROESTRUCTURA DE LA ALEACIÓN DEL ALUMINIO: 2014A

Determina: El propósito de optimizar los parámetros de un tratamiento óptimo, permitió obtener una buena dureza con elevada resistencia mecánica y ductilidad mediante experimentos con las probetas, en la medición de ensayos de los grados de durabilidad se ayudó del instrumento llamado durómetro. El proceso térmico lo realizo en tiempos y temperaturas diferentes siguiendo una secuencia de tratamiento de solubilidad, temple y el envejecimiento artificial a 150°C y 200°C; por ende, para cada temperatura y tiempo del proceso de envejecido las microestructuras tamaño y distribución de grano similares. [3]

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 El Aluminio

El aluminio es uno de los metales más abundantes que podemos encontrarlo en nuestro planeta tierra, está en el tercer lugar de ser el más común y abundante sobre nuestra corteza terrestre, su distinta composición forma un 8% de la litosfera. Este fue un metal muy usado por las primeras civilizaciones, pero su descubrimiento científico fue en el año 1825 por Hans Christian Oersted, quien fue el primer científico de aislar el elemento a su estado puro por medio de la electrolisis. [4]

Los derivados y las aleaciones de este metal se utilizan de diferentes formas en condiciones de un proceso de transformación para los procesos térmicos. Por muchas décadas el aluminio junto al hierro y el acero son los elementos más utilizados en las ramas de la industria. De esta manera el uso del aluminio es frecuente debido a la composición química de varios elementos químicos que lo componen realizando mejoras de sus propiedades mecánicas, por ende, convirtiéndole en unos de los materiales de la ingeniería y de la construcción.

Hoy en día existe diversidad de combinaciones del aluminio con otros metales, el conjunto de las combinaciones de diferentes materiales o elementos se los conoce como

aleaciones, debido grandes combinaciones del metal y al crecimiento de la tecnología, surge un inmenso consumo de este tipo de productos a nivel mundial. [5]



Figura 1: Lingotes de aluminio [6]

2.2.2 Características físicas mecánicas y químicas del aluminio

Es un metal ligero con un numero de elasticidad de 68.9 y un punto bajo de fusión a una temperatura de 660 °C. Su color es blanco y se refleja bien a las radiaciones electromagnéticas del espectro visible y térmico, siendo un buen conductor térmico y eléctrico.

Tiene una resistencia a la tensión de 40-50 Mega Pascales, estas características ya mencionadas lo hace apropiado para la fabricación de conductores eléctricos y de láminas delgadas. Para mejorar todas sus propiedades es necesario alearle con otros metales, con los cuales se puede realizar operaciones de fundición y de forja, así como la extrusión del material. Su capa de valencia está formada por tres electrones siendo su estructura cristalina y cubica en las caras. Este metal reacciona con el oxígeno, formando una capa fina de color gris mate, la cual recubre a todo el material, aislándolo de la corrosión. [7]

2.2.3 Obtención del aluminio industrial

El proceso de la obtención del aluminio empieza con un tratamiento especial de la mineral bauxita, posteriormente se obtiene la alúmina, la misma que es convertida en aluminio primario para la elaboración de productos terminados. A partir de esos procesos de transformación se forma el aluminio secundario, el cual es muy conocido como rechazos o chatarra, por lo cual es necesario que sea reciclado para disminuir la contaminación ambiental.

2.2.4 Aluminio Primario

La producción de aluminio empieza cuando la alúmina es disuelta en un baño electrolítico de criolita fundida (Na_3AlF_6), en un recipiente agregado grafito. El recipiente es conocido como crisol, además de la mencionada solución electrolítica que se encuentra a más de 900°C , rompiendo los enlaces químicos de la alúmina se consigue la pureza del aluminio de 99,5 a 99,9% con impurezas de hierro, silicio, titanio y magnesio.

2.2.5 Aluminio Secundario

Este se obtiene a partir de la chatarra y escoria que se generan de los diferentes procesos para la obtención del aluminio primario, hasta llegar al punto para un bien de consumo. En este proceso podemos mencionar cinco clases de desperdicios del aluminio:

- La escoria, esta se genera a partir de la fundición del aluminio expuesto a altas temperaturas en combinación con el oxígeno.
- Los retazos del material y productos semielaborados defectuosos, como son las varillas, láminas, barras, perfiles, productos fundidos u originados en la industria.
- Los rechazos del material y productos semielaborados de las industrias manufactureras.
- Reciclaje de la chatarra de las partes de camiones, maquinas, autos, etc.
- Todo tipo de producto basado del aluminio o bien consumo que ha cumplido su ciclo de vida.

2.2.6 Reciclaje de aluminio

Este proceso comprende la recolección de la chatarra del aluminio y de todas sus aleaciones, intervienen los centros de acopio, productores primarios, fundiciones secundarias y procesadores de metales. En la figura se puede observar el flujo del aluminio a través de diversas actividades del reciclaje. [8]

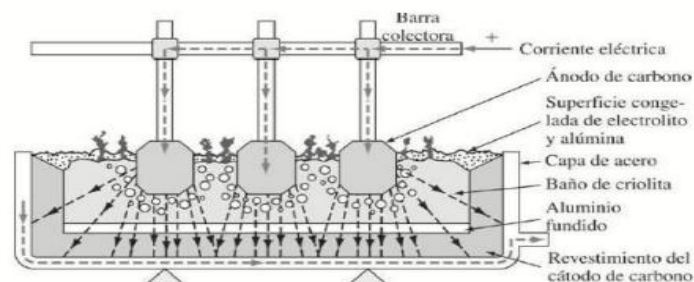


Figura 2: Proceso de obtención de aluminio [8]

2.2.7 Aleaciones de aluminio

Dadas sus combinaciones para la ligereza y resistencia, como también al no ser un metal no ferroso, tiene muchos usos que otros materiales, el aluminio tiene una buena conductividad con el cobre y también una alta ductilidad a temperaturas elevadas. Este metal esta aleado, por lo general con otros metales como son: cobre, magnesio, zinc, silicio y cromo manganeso, aumentado su utilidad y aplicabilidad en las industrias.

Estas aleaciones tuvieron mayor aplicación en las industrias modernas como la automotriz y aeronáutica, como también las mismas son clasificadas según las normas ANSI y ASM, estas se clasifican en aleaciones de forja y de colada. [7]

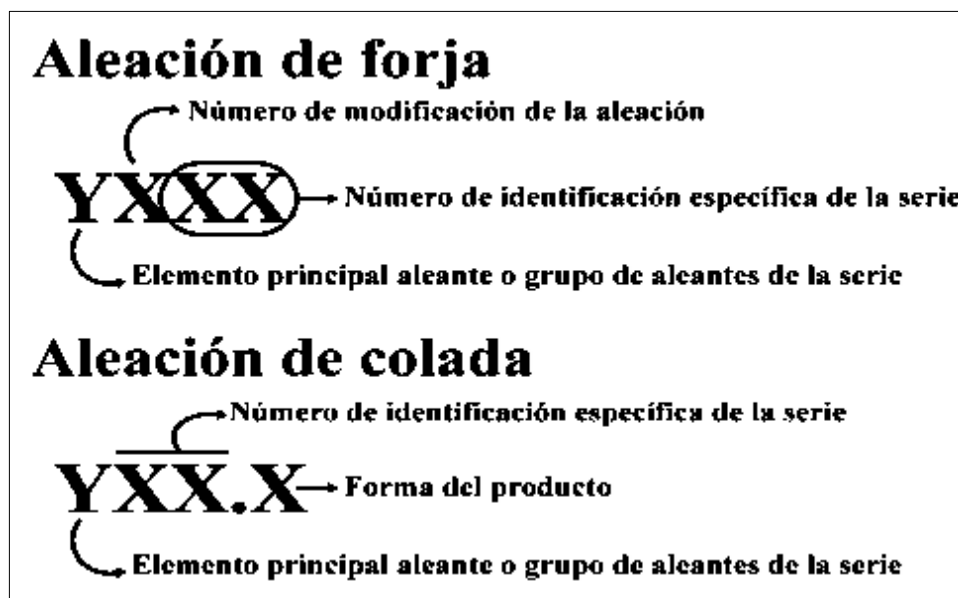


Figura 3: Nomenclatura de las aleaciones del aluminio [9]

2.2.8 Designación de la aleación

Las aleaciones del aluminio constan o se conforman por cuatro dígitos, de acuerdo con el sistema Aluminum Association, esta estructura de codificación indica, el primero indica su grupo, el segundo número indica el cambio de la aleación original o la pureza del metal, el cero hace referencia a la aleación original y los dígitos del uno al nueve las modificaciones de la aleación. En la tabla 3 se describe las agrupaciones de aleación de aluminio con su respectiva serie y su principal elemento aleante de cada uno de ellos. [10]

Tabla 3: Grupos de aleaciones de aluminio [11]

ALEACIONES DEL ALUMINIO		
Serie	Designación	Componente Principal
1000	1xxx	99% Aluminio Puro
2000	2xxx	Aluminio – Cobre (Cu)
3000	3xxx	Aluminio – Manganeso (Mn)
4000	4xxx	Aluminio – Silicio (Si)
5000	5xxx	Aluminio – Magnesio (Mg)
6000	6xxx	Aluminio – Magnesio (Mg) y Silicio (Si)
7000	7xxx	Aluminio – Zinc (Zi) y Magnesio (Mg)
8000	8xxx	Otros elementos

2.2.9 Aportaciones de los elementos aleantes del aluminio

- Cromo (Cr): Ayuda a tener más resistencia mecánica al combinarlo con otros elementos como el manganeso y el magnesio.
- Cobre (Cu): Aumenta las propiedades mecánicas, pero su desventaja es la disminución de la resistencia a la corrosión.
- Magnesio (Mg): Adquiere una alta resistencia tras el conformado en frío.
- Manganeso (Mn): Aumenta las propiedades mecánicas y disminuye las deformaciones en el proceso.
- Silicio (Si): Este material al combinarse con el magnesio incrementa su resistencia mecánica.
- Zinc (Zn): Este elemento aleante reduce la resistencia a la corrosión.
- Titanio (Ti): Aumenta la resistencia mecánica
- Zinc (Zn): Con la combinación de este elemento se reduce la resistencia a la corrosión [10]

2.2.10 Aleaciones del aluminio sin tratamiento térmico o para forjamiento

Son aquellas que no reciben ningún tipo de tratamiento térmico, las cuales son trabajadas en frío aumentando su resistencia mecánica. Existen tres grupos de aleaciones según la norma AISI-SAE, las mismas que se menciona a continuación:

2.2.10.1 Aleaciones 1xxx

Esta serie está compuesta de un 99,9% de aluminio, esa una aleación pura, sus principales elementos aleantes son el hierro y el silicio, a esta se le puede agregar un 0,12% de cobre, lo cual aporta resistencia y alta conductividad térmica y eléctrica, este número de aleación es usada principalmente para trabajos laminados en frío.

2.2.10.2 Aleaciones 3xxx

El manganeso es el elemento aleante esencial de esta aleación con un 1,2% y tiene la función de complementar como un refuerzo para el aluminio. Este grupo de aleaciones se utiliza en componentes que exijan una buena mecanibilidad.

2.2.10.3 Aleaciones 5xxx

El magnesio es el aleante principal de este grupo, este elemento aporta un porcentaje variado del 2 al 5%. Es utilizada para reforzar en las soluciones sólidas, tiene una resistencia aproximada de 193 MPa en condiciones de recocido.

2.2.11 Aleaciones de aluminio con tratamiento térmico o para fundición

Se agrupan aquellas aleaciones que requieren de tratamientos térmicos, estos procesos térmicos se representan mediante una letra T, posteriormente de un número, hay tres grandes grupos de aleaciones que ser detallan a continuación:

2.2.11.1 Aleaciones 2xxx

Su aleante principal es el cobre (Cu), sin embargo, también puede contener magnesio, estas aleaciones contienen un tratamiento térmico de T6 con una resistencia a la tracción aproximada de 442 Mega Pascales, este grupo es utilizado en las estructuras de la industria de la aviación.

2.2.11.2 Aleaciones 6xxx

Los elementos de magnesio y silicio son los elementos primordiales de este grupo de aleaciones, tienen condiciones de tratamiento térmico T6 alcanzando una máxima resistencia a la tracción, esta aleación es muy utilizada para la perfiles y estructuras en general.

2.2.11.3 Aleaciones 7xxx

En este grupo se incluyen como los principales aleantes como son el zinc, magnesio y el cobre, en condiciones de tratamiento térmico de T6 y un aproximado de 504 mega pascales, son utilizadas para la fabricación de estructuras aeronáuticas. [12]

Tabla 4: Características de las series del aluminio [13]

Serie	Composición	Características	Usos
Serie 1000	99% de aluminio sin alea	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistencia a la corrosión y no es toxico. ➤ Excelente maleabilidad y un buen conductor eléctrico y térmico ➤ Excelente reflectividad. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Recipientes o utensilios de cocina ➤ Materiales de radiación.
Serie 2000	Aleación con cobre	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Alta resistencia mecánica, como también a la corrosión. ➤ Tiene buena maquinabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Suspensión y rines de los camiones. ➤ Estructuras de los aviones, como el fuselaje
Serie 3000	Aleación con manganeso	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tiene buena resistencia mecánica y resistencia a la corrosión ➤ Son maleables 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Intercambiadores de calor ➤ Utensilios de cocinas y envases. ➤ Mobiliario. ➤ Aplicaciones arquitectónicas
Serie 4000	Aleación con el silicio	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Es muy resistente al calor 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fabricación de pistones de motores
Serie 5000	Aleación con magnesio	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tiene resistencia mecánica como también a la corrosión ➤ Alta soldabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Adornos decorativos e iluminación calles y carreteras. ➤ Construcciones de camiones ➤ Aplicaciones marinas
Serie 6000	Aleación silicio y magnesio	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Buena resistencia mecánica y a la corrosión ➤ Buena maquinabilidad y soldabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aplicaciones arquitectónicas y estructuras en general.
Serie 7000	Aleación con el zinc	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Alta resistencia mecánica 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estructuras para los aviones ➤ Equipos móviles

2.2.12 Tratamientos térmicos del aluminio

Se entiende por tratamiento térmico a un proceso industrial y de transformación mejorando propiedades de un metal mediante el control de temperaturas, tiempos y variación de enfriamiento. Referente a las aleaciones del aluminio, el tratamiento térmico se describe a las operaciones empleadas para aumentar resistencia y dureza de las aleaciones. [14]

También podemos mencionar que un tratamiento térmico es un proceso de calentamiento o enfriamiento que se da en un metal, modificando sus propiedades mecánicas, pero hay excepciones en las series del aluminio ya que no todas son aptas de recibir el tratamiento y tampoco se modifica sus propiedades mecánicas. Las series 2xxx, 6xxx y 7xxx se someten a los tratamientos térmicos, aumentando su resistencia y dureza de las distintas aleaciones del aluminio.

Los tratamientos térmicos de la serie 6000 de la empresa Cedal, son los siguientes: tratamiento térmico de solución o tratamiento de homogeneizado, temple o enfriamiento conocido como extrusión y el tratamiento de envejecimiento o de dureza; en la figura 1 se observa los tres tratamientos térmicos de la aleación 6063.

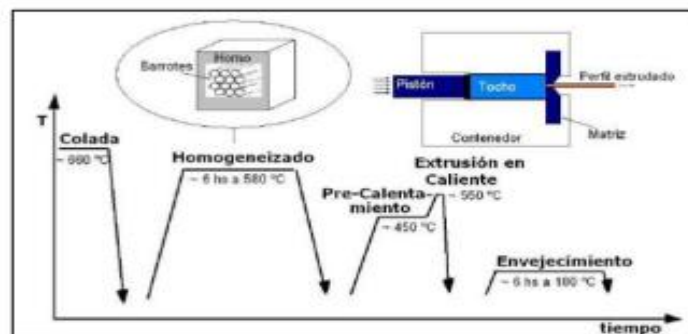


Figura 4: Representación de los tratamientos térmicos [14]

2.2.12.1 Proceso de homogeneizado

El objetivo de este tratamiento térmico es unificar la composición química de los elementos aleantes y el grano de las aleaciones que son propensas a heterogeneidad química y estructural, se puede mencionar que se realiza un recocido del metal a una temperatura entre 450°C y 550°C durante un tiempo determinado. Este proceso térmico ayuda a reducir tensiones, incrementa la plasticidad, tenacidad y ductilidad.

Este tratamiento está basado en tres pasos fundamentales que son los siguientes:

- Calentamiento y homogenización
- Mantenimiento o permanencia de temperatura
- Enfriamiento

2.2.12.2 Calentamiento y homogenización

Es el tiempo del tratamiento que tarda el horno de homogenizado en llegar a la temperatura optima e iniciar dicho proceso; se debe tener cuidado en la temperatura inicial de fusión que es un sobrecalentamiento, también se debe de tener precaución con la temperatura máxima y así como su tiempo de cocido del material.

En esta fase del proceso se debe realizar de acuerdo a temperaturas como se indica en la figura 3, para cumplir con el rompimiento de la aleación de Mg₂Si en el material, mediante lo cual lograremos una distribución homogénea de los componentes en el material.

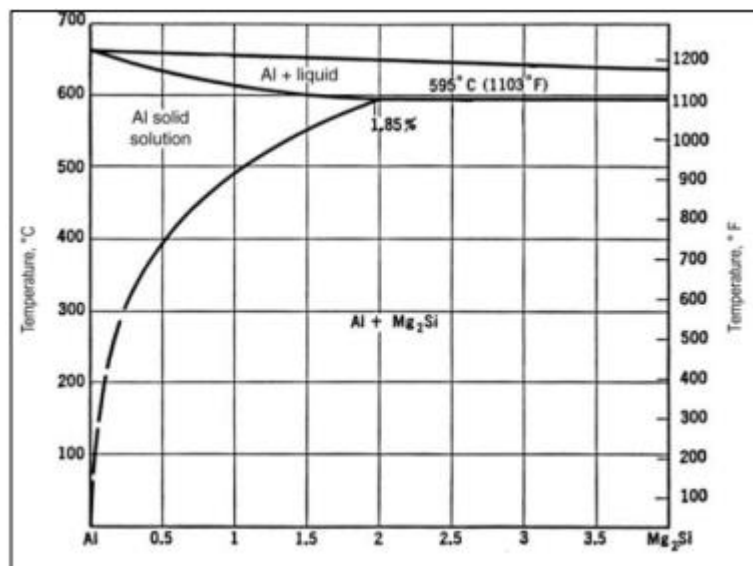


Figura 5: Solubilidad de la aleación 6063 [14]

2.2.12.3 Mantenimiento o permanencia de la temperatura

Es el tiempo que tiene que permanecer el material a una temperatura estable para el siguiente proceso de homogenizado.

2.2.12.4 Enfriamiento

Es la etapa final de este este tratamiento térmico, por ende, esta etapa se lo hace un enfriamiento rápido a temperatura ambiente, permitiendo conservar las características del material y que adquiera un tamaño de granos más fino lo cual le da dureza al material. En

este tiempo de enfriamiento, el cual es un enfriamiento rápido, el material adquiere más resistencia anticorrosiva y al agrietamiento por corrosión bajo tensión.

Algunas propiedades que logra tener mediante un enfriamiento rápido son las siguientes: resistencia a la corrosión y el agrietamiento por corrosión bajo tensión.

En la figura 6 se puede observar una curva ideal de temperatura de homogeneización de la aleación 6063, cumpliendo las fases del tratamiento de homogenizado. [14]

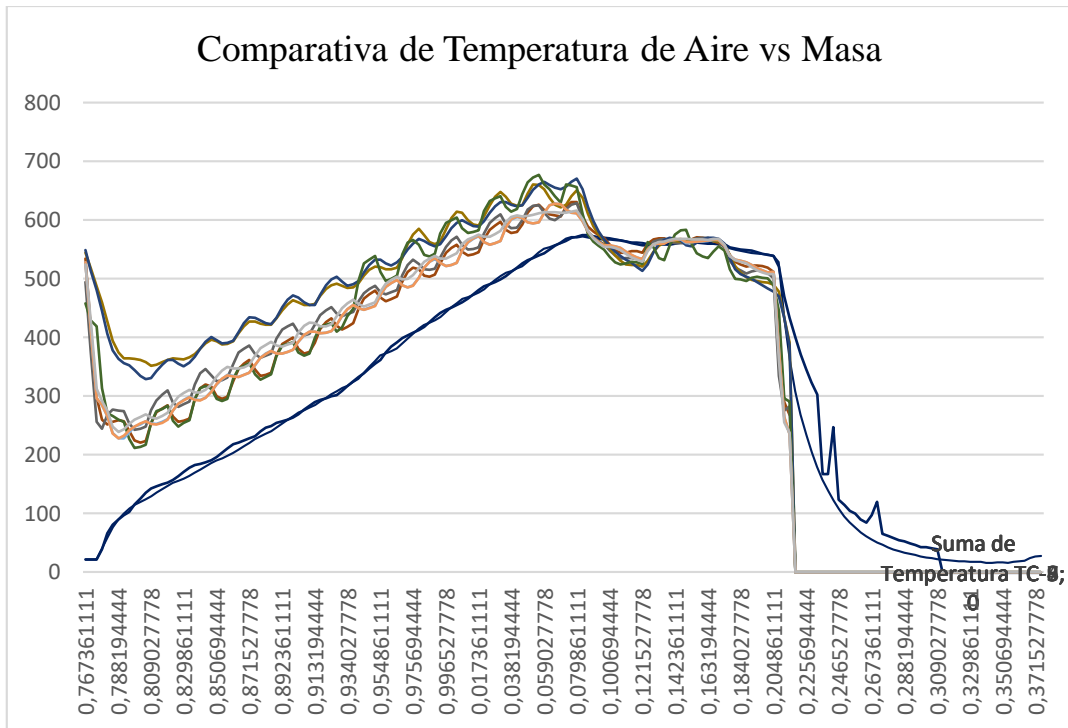


Figura 6: Curva de homogenizado de la empresa Cedal S.A

2.2.13 Proceso de Extrusión

Este proceso se lo realiza en prensas que tiene como finalidad formar perfiles a base de los lingotes ya homogenizados; los mismos que son cortados a una medida de 14 pulgadas, posteriormente se lo introduce para una deformación del material, lo cual consiste en moldear en caliente por compresión, por medio de la presión ejercida sobre el material atravesando una matriz se puede adquirir la formación de los perfiles.

Se puede hacer énfasis que el proceso de extrusión es proporcionar un precalentamiento al material sin perder sus propiedades mecánicas, con la ayuda de la presión y de una matriz según la figura que posee. [15]

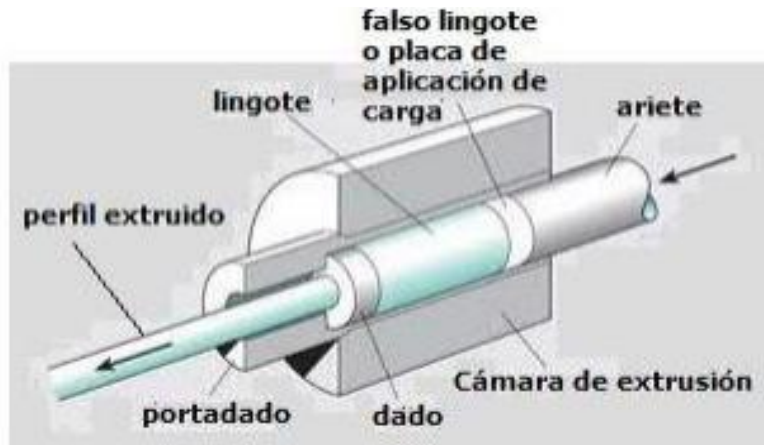


Figura 7: Esquema de extrusión directa [15]

2.2.14 Endurecimiento por envejecimiento

El envejecimiento o el endurecimiento es un tratamiento esencial que se le aplica a las aleaciones del aluminio, este eleva potencialmente su resistencia mecánica en cada aleación con una dureza elevada de acuerdo con parámetros o grados de dureza. Este proceso tiene una serie de transformaciones que conlleva a una uniformidad de precipitados coherentes en el tamaño en una matriz más blanda y dúctil.

Se determinan dos tipos de envejecimiento del aluminio, el artificial y al ambiente o natural; El envejecimiento artificial es realizado cuando el material es expuesto a altas temperaturas en hornos para producir la precipitación. El envejecimiento o dureza natural es aquel que se da por medio de la temperatura al aire o comúnmente conocido temperatura ambiente, requiriendo de un determinado tiempo para que el aluminio pueda obtener una dureza y resistencia máxima, pero sin embargo, la resistencia es superior al obtenido en el artificial, y no ocurre sobre envejecimiento. [10]

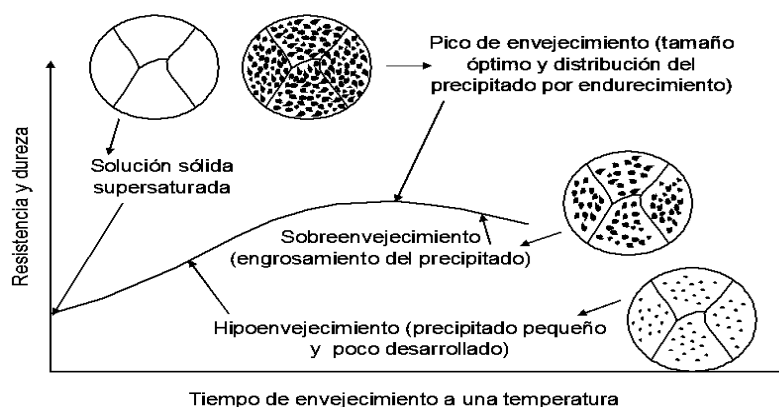


Figura 8: Evolución de la dureza en función del tiempo de envejecimiento [12]

2.2.15 Tratamiento por solubilización

Este proceso requiere de una temperatura de solubilización a un determinado tiempo, a más elevada la temperatura, aumenta el porcentaje de los elementos endurecedores con la posibilidad de elevar las características mecánicas, por lo tanto, permanecerá una solución sólida homogénea. El tratamiento derrite el material disminuyendo cualquier segregación microquímica que se encuentre presente en la serie original del aluminio. Existe un límite superior de la temperatura, que es la inicial de fusión de la aleación utilizada, ya que en casos de comercializarse poseerán un punto más bajo de fusión. Si se excede la temperatura inicial la aleación empezara a quemarse, ya que son fundidas en zonas donde existe la eutéctica. Esto disminuye las propiedades mecánicas del material y no se podrá regenerar a un nuevo tratamiento térmico. [13]

2.2.16 Templado

Posteriormente a la solubilización, la aleación es enfriada para que la solución sólida homogénea quede sobresaturada a una temperatura ambiente. Esta fase es muy importante ya que brinda condiciones óptimas para el siguiente tratamiento de la maduración adquiriendo las propiedades mecánicas máximas. Inmediatamente después del templado de la aleación, la estructura es estable e evita la descomposición de la solución sólida de la aleación.

2.2.17 Envejecimiento

Es la tercera fase del proceso de dureza de una aleación, donde la solución homogénea sobresaturada se calienta a una temperatura de la del solvus. También se lo puede denominar maduración o envejecimiento natural porque se lo realiza al ambiente, caracterizada por formaciones submicroscópicas de los átomos dificultando las deformaciones plásticas y endureciéndola a la aleación; la maduración o envejecimiento artificial se realiza mediante un calentamiento voluntario superior a la temperatura ambiente que ocasiona y hace evolucionar las aglomeraciones de átomos hacia fases intermetálicas más voluminosas. Así de tal manera que el envejecimiento del material se produce la etapa de formación de partículas ultra finas de precipitación y uniformemente dispersas.

Al envejecimiento de la aleación a temperatura ambiente se le denomina envejecimiento natural, mientras que al envejecimiento a elevadas temperaturas se le denomina

envejecimiento artificial. La mayoría de las aleaciones requieren envejecimiento artificial y la temperatura de dicho envejecimiento, usualmente se encuentra entre el 15% y el 25% (aproximadamente) de la diferencia de temperatura entre la temperatura ambiente y la temperatura de termo tratamiento de la solución.

Es conveniente utilizar una temperatura de envejecimiento más baja con la finalidad de hacer que las propiedades mecánicas sean todas uniformes. Las aleaciones que son envejecidas a una temperatura ambiente o natural, la velocidad y cantidad de endurecimiento varia para cada serie o aleación de aluminio.

Las propiedades de cada aleación dependen de las variables del tiempo y los rangos de temperatura del tratamiento de envejecimiento. Generalmente los parámetros de la durabilidad y resistencia de las aleaciones aumentan inicialmente con el tiempo y el tamaño de las partículas hasta que logran alcanzar el pico máximo, en el cual se adquiere la máxima resistencia. Finalmente llega a un punto cualquier envejecido posterior reducirá la resistencia y la dureza, ocasionando lo que se conoce como “sobre envejecido”. [16]

2.2.18 Tipos de tratamientos de envejecido del aluminio

- **F** – Se encuentra en estado bruto, es decir el material se encuentra como sale del proceso de fabricación
- **O** – aquellas aleaciones que han sufrido un recocido completo tanto para los de forja y de fundición
- **O1** – Cuando se encuentra recocido a una temperatura elevada y con enfriamiento lento
- **O2** – Tratamiento termomecánico
- **O3** – Homogenizado, se aplica a las bandas de colada continua
- **W** – Se aplica para una solución ya tratada por un proceso térmico, destinado a una aplicación de temperatura inestable y que hayan pasado por el proceso de envejecimiento natural.
- **T** – Aplicados a las aleaciones de aluminio para forjamiento o de fundición que sea termotratables.
- **T1** – Enfriado a una elevada temperatura y envejecido naturalmente
- **T2** - Enfriado, trabajado en frío y envejecido naturalmente

- **T3** – Solución tratada por un proceso térmico, trabajado en frío y envejecido de forma natural
- **T4** - Solución con un tratamiento térmico y envejecido natural hasta alcanzar una condición estable.
- **T5** - Enfriado y envejecido artificialmente
- **T6** - Solución tratada en calor y artificialmente envejecida
- **T7** –Solución tratada térmicamente por disolución y sobre-envejecida
- **T8** -Térmicamente tratada por disolución es trabajada en frío y envejecida artificialmente
- **T9** - Tratada térmicamente, es trabajada en frío y artificialmente envejecido
- **T10** – Enfriado desde un proceso de fabricación a una temperatura elevada, y envejecido artificialmente. Hasta una condición sustancialmente estable.

2.2.19 Metalografía

Estudia la microestructura de todos los tipos de las aleaciones metálicas, que consiste en la examinación, constitución y su estructura profunda de cada uno de los componentes en los metales. Se puede definir como una disciplina científica que observa y determina la estructura química y atómica de las aleaciones, por ende, basado en este principio se puede deducir que es aplicada a la caracterización de cualquier material. La herramienta fundamental para la metalografía es el microscopio, este instrumento nos permite observar y verificar la microestructura y el tamaño de grano adquirido en un tratamiento térmico o mecánico del material, por medio de este procedimiento se puede realizar un control de calidad en los procesos de transformación de las aleaciones metálicas. [17]

2.2.19.1 Etapas para preparar una muestra metalográfica

Al momento de realizar un estudio de metalografía es primordial que tengamos la probeta o la muestra de la aleación de aluminio que será sometida a estudio, el material no debe presentar rayas, es decir debe tener un aspecto similar al de un espejo, ya que la observación de la microestructura del material no depende del microscopio que se utilice, sino depende más del acabado que tenga la probeta seleccionada para el ensayo o pruebas de estudio. Para lograr el acabado deseado del material se debe seguir los siguientes pasos mencionados a continuación. [18]

2.2.19.2 Muestreo

En este paso se debe tener precaución al tomar la muestra para el análisis y se debe evitar que la probeta sufra un calentamiento, debido a que esta puede sufrir modificaciones en sus propiedades. Para realizar el análisis metalográfico de un material suave de ser ejecutado de forma manual, mientras que la extracción de un metal duro se realizara utilizando una cortadora.

2.2.19.3 Esmerilado tosco

Un esmerilado adecuado en el material metálico elimina las superficies dañadas o las deformaciones en la superficie, con la finalidad de mejorar el acabado de la muestra. El esmerilado crea virutas con un grano abrasivo que a su vez logra una elevada tasa de eliminación del mismo, este proceso se lo realiza con agua para evitar modificaciones de la estructura de la probeta o muestra de la aleación.

2.2.19.4 Montaje

El proceso de montaje hace referencia a colocar la probeta sobre una baquelita, la cual es un plástico sintético que funciona en base al calor de una maquina llamada incluidora, colocada la muestra en la baquelita será ms fácil su manipulación para la preparación del material y poder visualizar su microestructura y tamaño de grano.



Figura 9: Baquelita para probetas [14]

2.2.19.5 Lijado

La probeta de la aleación de aluminio es lijada hasta eliminará toda rigurosidad hasta obtener una superficie lo suficiente lisa para el análisis microscópico, posterior se procederá al pulido.

2.2.20 Pulido intermedio

Este tipo de pulido actúa sobre el material eliminando de manera total las rayas en la muestra.

2.2.21 Pulido fino

El pulido fino que se le da a la probeta es un acabado final, similar a la de un espejo, una vez que la probeta esta lista es sometida a un ataque químico, y se puede observar la microestructura y tamaño de grano que posee cada aleación de aluminio.

2.2.22 Ataque

El ataque es realizado mediante la utilización de un químico en la probeta dependiendo de lo que el investigador desee realizar el análisis de estudio, para el análisis y poder observar la microestructura se realiza un ataque químico keller, y para observar el tamaño de grano de la aleación se debe aplicar con el químico Poulton. Al aplicar los químicos se debe tener precaución con el tiempo de ataque, debido a que la probeta podría sufrir quemaduras, en ese caso se debería realizar de nuevo el proceso.

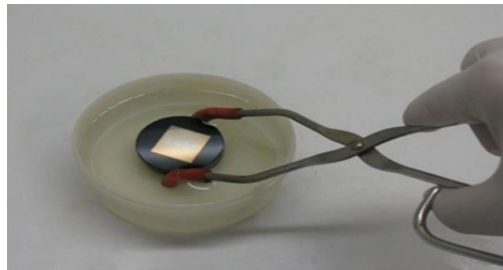


Figura 10: Ataque químico de una probeta [19]

2.2.23 Serie 6xxx del aluminio

Esta serie tiene como elementos aleantes al magnesio y el silicio en cantidades adecuadas, mediante esta combinación se forme Mg_2Si (siliciuro de magnesio), haciéndola a la aleación más tratable térmicamente. La serie 6000 no es muy resistente en comparación a las demás aleaciones, que adquieren formalidad, soldabilidad, maquinabilidad y resistencia a la corrosión. La aleación AA6063 de esta serie mencionada es la que a llegado a posicionarse mayormente en proceso de extrusión para la fabricación de los perfiles de aluminio, por su alta resistencia a la corrosión y sus aplicaciones estructurales

La serie 6xxx forma parte del grupo de aleaciones que pueden ser tratables térmicamente, es de son parte de aleaciones de fundición, sim embargo, la aleación 6063 admite temple

y maduración a una temperatura natural y artificial. Esta se trata de una solución sólida homogénea del metal con algunos elementos no metálicos.

2.2.24 Aleaciones de aluminio serie 6000

La aleación de aluminio serie 6000 con contenido de magnesio y silicio como elementos principales, se caracteriza por las siguientes propiedades: [20]

- Tiene una resistencia moderada.
- Son muy resistentes a la corrosión.
- Adquieren una capa fina de óxido.
- Es tratable para un proceso térmico.
- Extrusión simple [20]

2.2.25 Aleación de aluminio 6063

Su uso es mayormente empleado para la fabricación de la perfileira del aluminio, según estudios realizados se estima entre el 70 y 80% de los perfiles extruidos se realizan con este tipo de aleación, por esta razón es una aleación que se encuentra posicionada en gran medida en los mercados y siendo una de las aleaciones más económicas.

Las propiedades de la aleación 6063 se considera que es buena para realizar mecanizados, fabricación de perfiles, soldadura y aceptable en términos de solidez. La aleación ya mencionada es muy compatible con unos de los procesos del aluminio, el cual es el anodizado que consiste en cubrir la superficie con una capa metálica por medio de electrolisis, produciendo mayor dureza y resistencia a la corrosión. [21]

Las aplicaciones comunes de esta aleación van prácticamente dirigida a la construcción y automotriz, que comprenden:

- Ventanas.
- Puertas.
- Claraboya.
- Estructuras mobiliarias.
- Piezas para automóviles.
- Sistemas de ensamblado [21]

2.2.26 Hornos de Envejecimiento

Estos hornos tienen una combinación correcta y distribución de aire y velocidad, esto dos parámetros son clave para que los hornos obtenga una eficiencia muy buena de funcionamiento ara el proceso de envejecimiento o de dureza.

- Sistemas de flujo de aire diseñados para satisfacer necesidades específicas (flujos unidireccionales / bidireccionales)
- Su diseño permite que el producto se cargue en la zona de trabajo mediante transportadores automáticos. La carga puede ser manual o automática
- Los tiempos y las temperaturas de procesamiento se controlan y son cronometrados automáticamente usando PLCs e interfaces de operador.

Todos los hornos de envejecido de aluminio están certificados y cumplen con los requisitos de uniformidad de temperatura. [22]



Figura 11: Horno de Envejecimiento [22]

2.2.27 Espectrómetro

Este instrumento tiene la capacidad de proyectar un haz de luz monocromática a través de una muestra y medir la cantidad de luz que es absorbida por dicha muestra. Permite determinar los elementos presentes en una muestra, así como su porcentaje. [23]



Figura 12: Espectrómetro de Cetal

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 METODOLOGÍA

3.1.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación elegida para elaborar este trabajo de tesis se detalla a continuación para conocer dónde se llevó a cabo el mismo.

3.1.1.1 Método de Investigación.

Existen diferentes metodologías de investigación, para el estudio y obtención de datos en el proceso de envejecimiento, uno de ellos es el método inductivo, partiendo de lo específico a lo habitual, iniciando con la observación del estado actual del tratamiento térmico (envejecimiento) que la empresa Cedal somete a los perfiles de aluminio extruidos para la obtención de dureza, una vez realizada ésta acción se registrará los datos alcanzados y se analizarán los mismos. Posteriormente la información obtenida servirá para conocer los factores primordiales en el proceso de envejecido de aluminio, los cuales son la temperatura y el tiempo que debe ser aplicado al perfil de aluminio para obtener la dureza requerida según la norma NTE INEN 2250.

3.1.1.2 Método Inductivo.

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizará el método inductivo, el mismo que permite obtener datos medibles. Una de sus cualidades es que estos datos entregados parten desde lo particular a lo general, conociendo de esta manera los problemas principales que afectan a la dureza en los perfiles de aluminio, para posteriormente conocer y analizar los factores generales que impiden que el proceso de envejecimiento sea el adecuado, para evitar pérdidas de tiempo y materia prima al ser sometida al tratamiento térmico, de esta manera permitiendo cumplir a cabalidad los parámetros ya establecidos por la norma NTE INEN 2250 para que el producto terminado sea de calidad y su durabilidad sea la esperada, garantizando así que la perfilería será apropiada para su comercialización en el mercado.

3.1.1.1 Investigación de campo

La investigación de campo se desarrolló en la empresa Cedal, en el área de Fundición donde se encuentra un horno de envejecimiento el cual servirá para conocer el tratamiento térmico que se debe cumplir en la aleación 6063 producida por la misma empresa, dicho

tratamiento térmico cuenta con dos parámetros claves, la temperatura a la que debe ser sometida la perfilería de aluminio y el tiempo que debe permanecer dentro del horno.

Para lo cual, la información obtenida mediante pruebas realizadas brindará datos confiables sobre el envejecimiento al que es sometido el aluminio para su comercialización.

3.1.1.2 Técnicas e instrumentos

Tabla 5: Técnicas e Instrumentos

N°	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
1	Investigación de campo	Observación
2	Búsqueda bibliográfica	Libros, artículos científicos
3	Medición de dureza	Durómetro

3.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.2.1 Estado Actual

Para dar cumplimiento al objetivo específico 1 se ha ejecutado el levantamiento de información del horno de envejecimiento con el que cuenta la empresa Cedal, donde se identificará los parámetros con los que trabaja dicho horno.

3.2.2 Ubicación de la Empresa

Geográficamente la empresa Cedal se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga Av. Unidad Nacional a pocos metros de la estación de servicios El Fogón. La ubicación de la empresa entrega fácil accesibilidad para cualquier vehículo y lo bien situada que se encuentra.

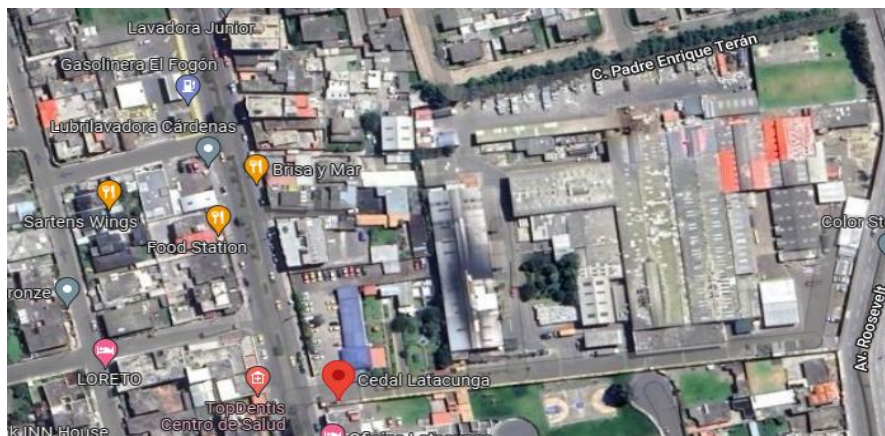
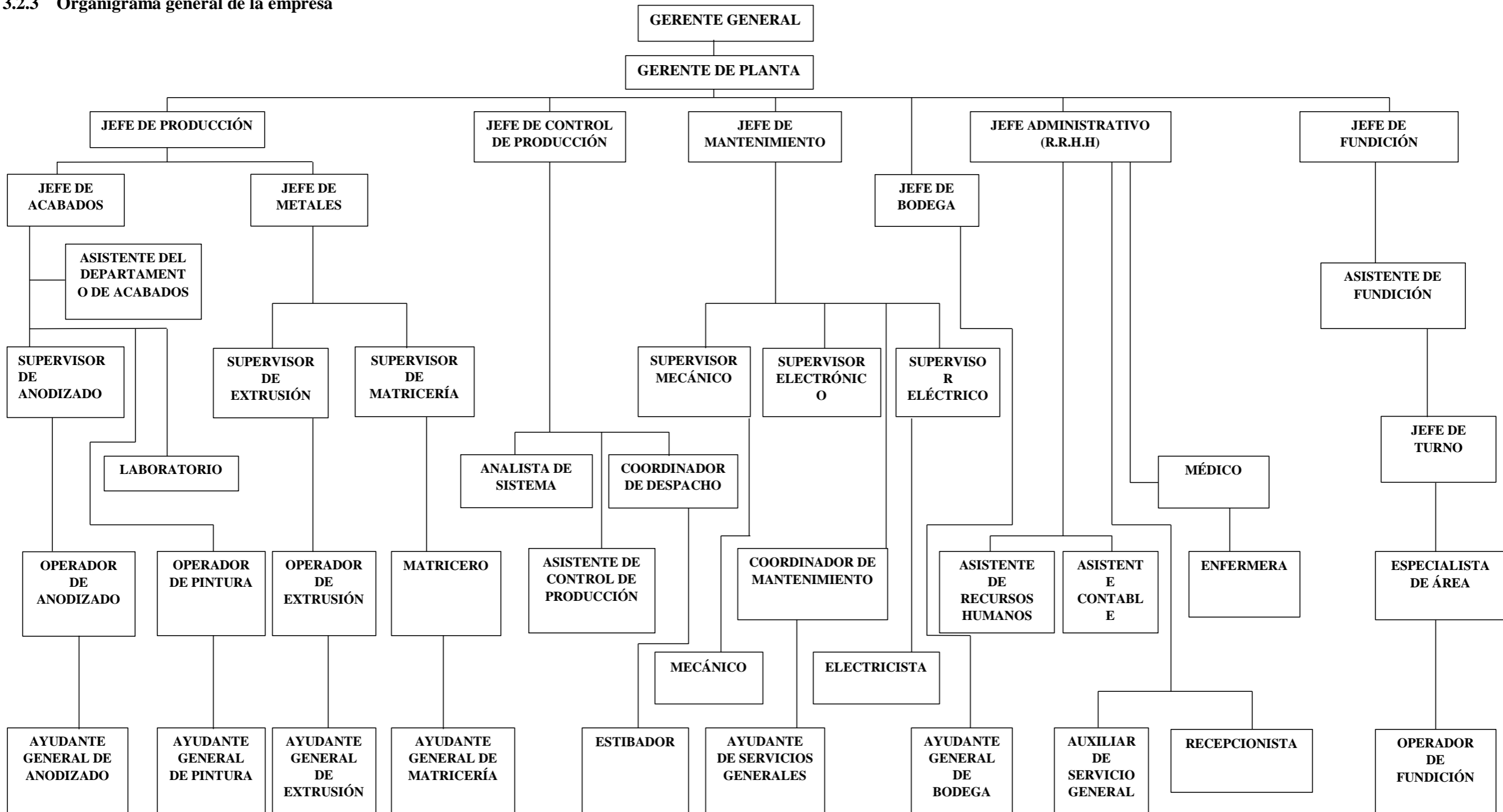


Figura 13: Ubicación de la empresa Cedal

3.2.3 Organigrama general de la empresa



Fuente: Cedral S.A

3.2.4 Misión

Somos una empresa líder en la producción y comercialización de extrusiones de aluminio, que buscamos el crecimiento y desarrollo de nuestros clientes, colaboradores y accionistas, enmarcados en el cumplimiento de las leyes, aportes a la comunidad y cuidado del medio ambiente. [24]

3.2.5 Visión

Ser una empresa referente en la producción y comercialización de extrusiones de aluminio, productos y servicios complementarios, con sólida presencia internacional, reconocida por la excelencia de sus colaboradores y la calidad de su servicio. [24]

3.2.6 Principios Corporativos

- Valorar al ser humano y contribuir a su desarrollo
- Actuar siempre con integridad
- Buscar la satisfacción de los clientes
- Procurar la excelencia en toda actividad
- Participar proactivamente y agregando valor en el desarrollo de la empresa, la comunidad y el país.
- Tener visión y compromiso a largo plazo. [24]

3.2.7 Información de la empresa

El presente proyecto contiene información pertinente al estudio e implementación de un prototipo de horno de tratamiento térmico (envejecimiento) para la optimización del proceso de envejecido en la perfilería de aluminio para la aleación 6063 en la empresa Corporación Ecuatoriana de Aluminio Cedal S.A

La Corporación Ecuatoriana de Aluminio Cedal S.A., es una empresa fundada en el año 1974, con el propósito de producir y comercializar perfilería de aluminio para uso arquitectónico y estructural. Los inicios de sus actividades productivas se dan en el año 1976, y en la actualidad es líder en la producción y distribución de perfiles de aluminio en el Ecuador con más de 40 distribuidores exclusivos en todo el país. CEDAL en la actualidad cuenta con dos prensas de extrusión de siete pulgadas de diámetro con una capacidad de 1700 toneladas métricas de presión cada una, cuenta con una línea completa de anodizado, una línea de pintura electrostática y un horno de fundición horizontal que

permite reciclar sus despuntes y fabricar billets de aluminio de alta calidad. Para la producción de perfiles de aluminio, CEDAL cumple con los siguientes procesos:

- Fundición
- Matricería
- Extrusión
- Anodizado
- Pintura electrostática
- Empaque

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

3.2.8 Procesos productivos de la empresa Cedal

3.2.8.1 Fundición

Es el área encargada de la fabricación de billets de aluminio a partir de aluminio puro, aluminio recuperado del área de extrusión y la perfiles rechazada, estos últimos son nuevamente fundidos, manteniendo las características de su aleación, sea la aleación 6063, 6101 o 6005 para ser re-utilizados en el proceso de producción de billets.

3.2.8.2 Matricería

La matriz es el molde base que da forma a los perfiles de aluminio durante el proceso de extrusión. Esta es colocada en la prensa de extrusión, la cual será la que permitirá obtener la perfiles en su forma requerida. CEDAL en la actualidad cuenta con alrededor de 3300 diseños de matrices exclusivos para cada cliente.

3.2.8.3 Extrusión

La extrusión es una deformación plástica en donde un elemento de metal es sometido por compresión a pasar a través de una abertura de un molde (matriz) que tiene un área de menor sección a la del elemento de metal, el cual tomará la forma de la misa.

3.2.8.4 Anodizado

Es el proceso electroquímico el cual se forma en la superficie del perfil un recubrimiento de óxido de aluminio, al mismo que se le puede atribuir diferentes tonalidades cromáticas

empleando varios parámetros de corriente, pH de las soluciones químicas, tiempo y sales minerales.

3.2.8.5 Pintura electrostática

Es el proceso de acabado superficial que preserva a los perfiles de aluminio con una capa de pintura en polvo depositada electro-estáticamente, misma que posteriormente es fundida y curada en un horno especial para desarrollar dicho proceso.

3.2.8.6 Empaque

Cedal empaca los perfiles de aluminio como producto final en fundas de polietileno, con el propósito de garantizar que los perfiles no tengan defectos, entre ellos se puede tomar como ejemplo marcas de transporte o marcas de fricción entre los perfiles, para que de esta manera se mantengan secas durante el envío.

3.2.9 Elementos e insumos principales de las aleaciones producidas por Cedal

Las aleaciones de aluminio tienen como principal objetivo mejorar la dureza y resistencia del material, que es en estado puro un metal muy blando. CEDAL utiliza la aleación 6063 para perfilería arquitectónica, la aleación 6005 para perfilería estructural y la aleación 6101 para blindobarras. CEDAL emplea las aleaciones de aluminio de acuerdo a su requerimiento.

3.2.9.1 Aleación 6063

Es una aleación de aluminio, con magnesio y silicio como sus elementos principales de la misma. Ésta tiene características mecánicas generalmente buenas, es utilizada para trabajos arquitectónicos y decorativos tales como ventanas, puerta, cortinas, cancelos, marquetería, ángulos, etc.

3.2.9.2 Aleación 6005

La aleación 6005 cuenta con mayor resistencia que la aleación 6063 pero al mismo tiempo es un poco más complicada de extruir debido a sus propiedades químicas, especialmente por su alta cantidad de silicio. Es más maniobrable el proceso de anodizado desde un punto de vista de protección, pero dificulta de manera notoria el terminado decorativo. Este tipo de aleación es utilizada para uso estructural tal como: estructuras especiales, vigas, escaleras, etc.

3.2.9.3 Aleación 6101

La aleación 6101 cuenta con propiedades conductoras de energía eléctrica, siendo una opción recomendada en las industrias para evitar el uso de una gran cantidad de cables eléctricos. Ésta cuenta con características mecánicas buenas para su uso como un conductor de energía eléctrica.

3.2.9.4 Silicio

Es uno de los principales elementos que se utiliza en la aleación 6063 y en la aleación 6005, provee características físicas específicas de dureza, su punto de fusión es de 1500°C.



Figura 14: Silicio utilizado en el proceso de fundición de Cedal S.A

3.2.9.5 Magnesio

El magnesio sirve como un componente de aleación del aluminio, de esta forma se realiza la aleación aluminio-magnesio, que se utiliza en componentes de automóviles, como llantas; y en maquinaria diversa, su punto de fusión es de 650°C.



Figura 15: Magnesio utilizado en el proceso de fundición de Cedal S.A

Para salvaguardar estos elementos dentro de los parámetros determinados se adicionan Silicio y Magnesio y/o Aluminio primario a la colada de aluminio fundido dentro del horno, de esta manera cumplir con los requerimientos adecuados.

3.2.10 Insumos Principales

3.2.10.1 Tibor (titanio-boro)

Es utilizado como depurador de grano en la aleación producida.



Figura 16: TiBor utilizado en el proceso de fundición de Cedal S.A

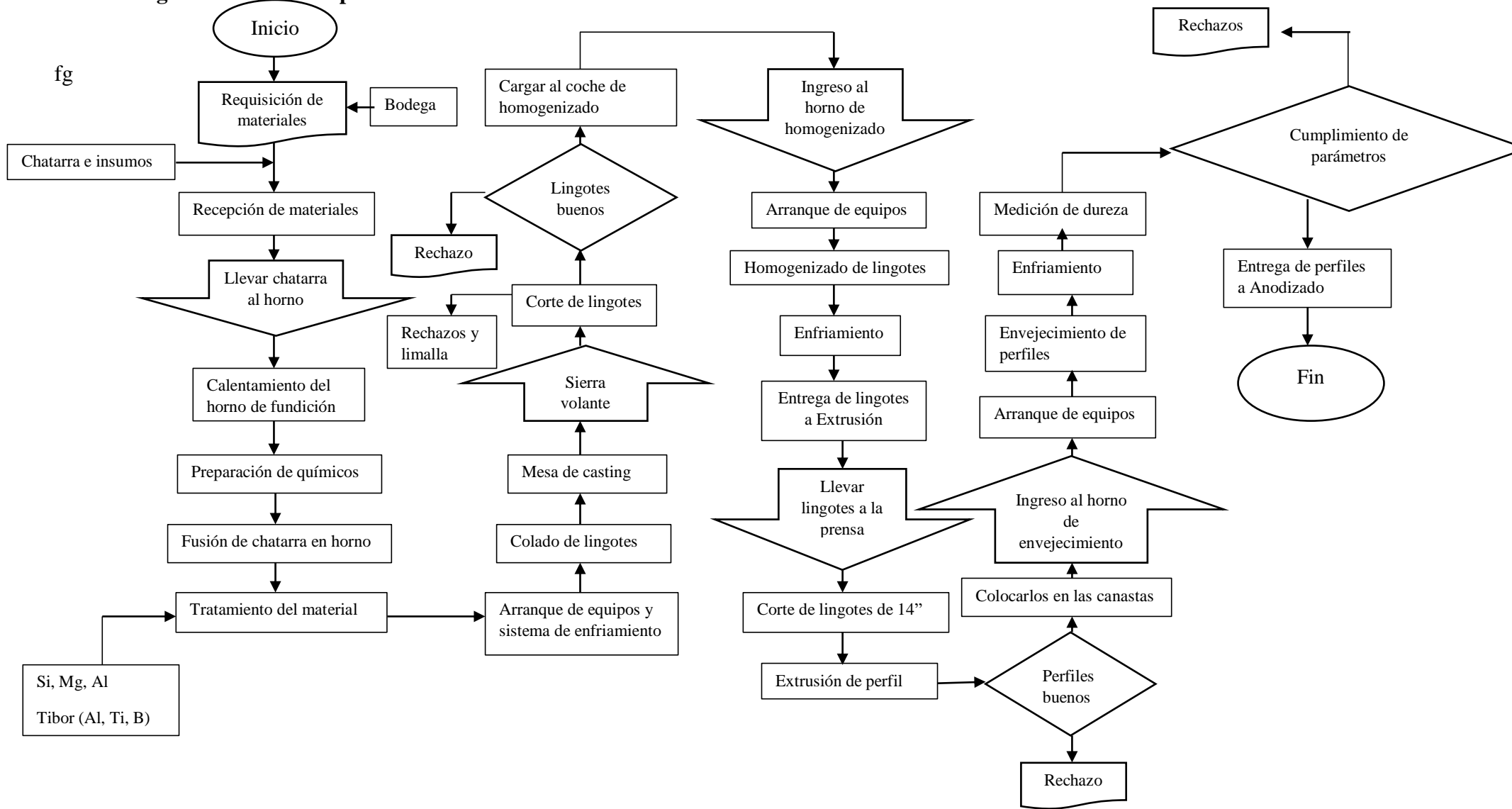
3.2.10.2 Argón grado

Es un gas inerte usado como método para desgasificar la colada de aluminio que se obtiene del horno de fundición. Permite eliminar el encapsulamiento de partículas de oxígeno, calcio y otros elementos que perjudican la correcta homogeneidad en la formación del billet.



Figura 17: Inyección de Argón en el desgasificador en fundición de Cedal S.A

3.2.11 Diagrama de flujo del proceso.



3.2.12 Horno de envejecimiento

Los perfiles extruidos de aluminio deben ser sometidos a un tratamiento térmico artificial (envejecimiento) para obtener su dureza en un tiempo menor al tratamiento térmico natural. Los perfiles que serán sometidos a éste tratamiento térmico se colocan en tinas que ingresan al horno para posteriormente empezar con el ciclo de envejecimiento. Este tipo de hornos cuentan con ventiladores localizados en la parte superior de la cámara que impulsan la atmosfera interior del horno, posteriormente la corriente del aire caliente recorre toda la cámara interna del horno, de esta manera los perfiles reciben el tratamiento térmico con homogeneidad para obtener su dureza requerida.



Figura 18: Horno de envejecimiento de Cedal S.A

3.2.13 Análisis inicial del proceso de envejecimiento

En el análisis actual realizado mediante la observación en el proceso de tratamiento térmico (envejecimiento), se pudo notar que el horno se encuentra trabajando de manera generalmente buena, no obstante, existen perfiles que no reciben la dureza requerida, lo que impide que la totalidad del material sea de completa calidad y se procesa a desechar para volverlo a fundir para la fabricación de nuevos billets

Mediante la utilización del software Scada que monitorea las temperaturas que alcanza el horno de envejecimiento, se observará el comportamiento de la curva de calentamiento y mantenimiento del proceso de envejecido, mostrando una gráfica donde se detallan las temperaturas de cada una de las termocuplas existentes en el horno.

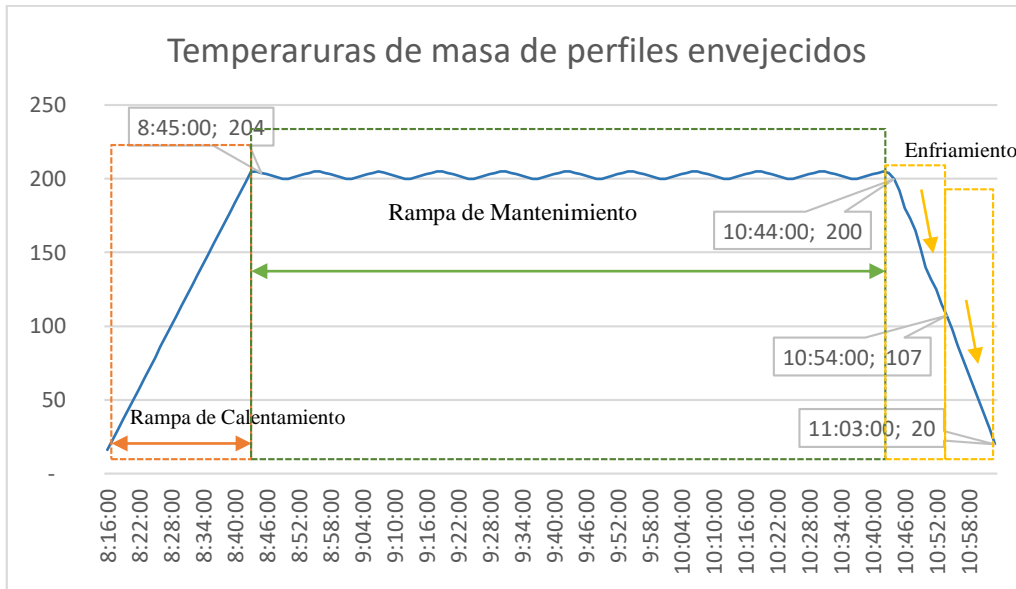


Figura 19: Curvas de envejecimiento del horno de Cedal S.A

En la figura 16 se puede observar que el ascenso de temperatura es homogéneo, en donde su tiempo de calentamiento consta de 30 minutos en los cuales la temperatura asciende desde temperatura ambiente hasta llegar a 205°C, luego de haberse cumplido con esta rampa de calentamiento continúa la rampa de mantenimiento, la misma que consta de 2 horas, en la cual el material adquiere la dureza necesaria para continuar con el proceso de anodizado. Luego de permanecer en el horno de envejecimiento recibiendo el tratamiento térmico se enfría a temperatura ambiente durante un periodo de tiempo de 20 a 30 minutos para después ser manipulado por los operadores. En la figura 15 se puede observar la temperatura con la cual se genera el tratamiento térmico en los perfiles de aluminio.

Para llevar un control adecuado de su temperatura y tiempo que debe permanecer la perfilería de aluminio en el horno de envejecimiento se utiliza un termógrafo, éste es un instrumento que mide y registra la temperatura de un equipo, el termógrafo permite controlar ininterrumpidamente la temperatura para obtener resultados confiables del proceso que se esté realizando. Antes de su utilización éste debe pasar por un control de calidad previo, que garantice el cumplimiento de la normativa con la que se vaya a trabajar para que el producto a obtener sea de buena calidad.

En este caso el termógrafo utilizado en el horno de envejecimiento nos entrega datos del comportamiento de la curva de tratamiento térmico. Cabe recalcar que éste método de medición es analógico el cual se encuentra ubicado en el tablero de control principal de temperaturas. En la figura 16 se observa el termógrafo, instrumento de medida que sirve

para conocer la temperatura y el tiempo el cual se encuentran los perfiles en el horno de envejecimiento, este termógrafo se encuentra en el tablero principal del horno.

Éste tipo de curva de tratamiento térmico es utilizada para la aleación 6063, la cual es la más comercializada por la empresa Cedal debido a que sus propiedades entregan resistencia y durabilidad al momento de cumplir con su propósito final.

3.2.14 Análisis de la norma NTE INEN 2250

Para dar cumplimiento a las actividades del objetivo específico 2 se ha realizado un estudio y revisión de la normativa NTE INEN 2250, la cual está enfocada en la dureza que deben cumplir los perfiles de aluminio extruidos, con el fin de entregar productos de calidad y durabilidad para el trabajo en el cual están enfocados, para este caso se tomará se priorizarán los parámetros y estándares en la aleación de aluminio 6063 de la serie 6000.

3.2.15 Revisión de la normativa NTE INEN 2250

Esta norma detalla los parámetros que deben cumplir los perfiles, varilla, perfiles y tubos de aluminio al ser extruidos en caliente. La presente normativa se la aplica a los tipos de materiales de aluminio antes mencionados, ya sean o no sometidos a un tratamiento térmico según su composición química, estos son destinados principalmente para usos de tipo arquitectónicos y estructurales. En el presente trabajo de titulación se enfocará en los parámetros y requerimientos necesarios para la aleación 6063.

3.2.15.1 Términos y Definiciones de la norma

Para el cumplimiento de los requerimientos de la norma, se definen los siguientes términos:

3.2.15.2 Acabados superficiales.

Es el proceso aplicado a un perfil para modificar su aspecto externo.

3.2.15.3 Aluminio de transformación

Son aleaciones del aluminio que permiten realizar procesos de deformación plástica ya sea en frío o en caliente, como por ejemplo la extrusión, laminado, etc.

3.2.15.4 Barra extruida

Es un elemento extruido en caliente, por lo general de gran longitud a comparación de su superficie transversal, cuenta con una sección cuadrada sólida, rectangular, hexagonal, con ángulos agudos o vértices en la cual la distancia entre caras debe ser mayor a 10mm.

3.2.15.5 Colado semi-continuo

Se denomina de esta manera al método de formación de lingotes o billets para posteriormente ser extruido en un molde fijo.

3.2.15.6 Envejecimiento.

Tratamiento térmico en el cual el material obtiene un endurecimiento de manera natural o artificial.

3.2.15.7 Espectrometría.

Valores de la composición química del material mediante la utilización del espectro de luz entregado por éste equipo.

3.2.15.8 Espesor local.

Media de las medidas del espesor las cuales especifican el área interior de referencia.

3.2.15.9 Espesor local mínimo.

Es la medida menor de los espesores que se encuentran sobre una superficie considerable de un elemento determinado.

3.2.15.10 Espesor medio.

Valor medio de una serie de mediciones de espesores que generalmente se encuentran distribuidas en una superficie anodizada.

3.2.15.11 Extrusión.

Proceso de transformación del material, de una sección de lingote a un perfil de aluminio al pasar por una matriz, obteniendo piezas largas.

3.2.15.12 Lingote.

Es la fundición de aluminio obteniendo lingotes de forma geométricas, especialmente de formas cilíndricas mediante el paso del colado por moldes sólidos.

3.2.15.13 Matriz.

Es un molde metálico que permite la creación del perfil mediante la extrusión de aluminio utilizando prensas de alta presión.

3.2.15.14 Perfil extruido.

Elemento extruido en caliente de forma hueca o sólida, con dimensiones determinadas comercialmente, de mayor longitud en relación a varillas, tubos o barras.

3.2.15.15 Pintura en polvo.

Recubrimiento del material mediante la utilización de disolvente en polvo, posterior al fundido o curado del mismo.

3.2.15.16 Productor.

Fabricante del producto extruido.

3.2.15.17 Proveedor.

Entidad o persona jurídica que proporciona la materia prima para la creación o fabricación de productos.

3.2.15.18 Superficie significativa.

Parte del producto que será recubierta por disolventes en polvo para su acabado y posterior comercialización.

3.2.15.19 Tubo extruido.

Elemento extruido en caliente, de características hueca, redonda, cuadrada, etc. Con paredes uniformes.

3.2.15.20 Varilla extruida.

Elemento extruido en caliente, de características sólido circular, con longitud de acuerdo a su diámetro, el mismo que debe estar sobre los 10mm

3.2.15.21 Clasificación

Según su utilización, perfiles, barras, varillas y tubos de aluminio se clasifican en:

- Tipo Arquitectónicos
- Tipo Estructurales

3.2.15.22 Arquitectónicos

El tipo arquitectónico hace referencia a los perfiles, barras, varillas y tubos extruidos con la finalidad de utilizarlos en la construcción, materiales de decoración y afines relacionados.

3.2.15.23 Estructurales

El tipo estructural hace referencia a los perfiles, barras, varillas y tubos extruidos para la utilización de los mismos en estructuras, viseras, escaleras y otros.

3.2.16 Requisitos

3.2.16.1 Requisitos dimensionales

El espesor mínimo con el que debe contar el perfil de aluminio para el uso estructural en los perfiles sólidos debe ser de 1,3mm y para los tubulares debe ser de 1,4mm.

Para los elementos arquitectónicos como lo son los perfiles sólidos debe ser de 1mm y para los tubulares de 1,1mm. Estas dimensiones son específicas para perfiles, barras, varillas y tubos extruidos de aluminio, asimismo para su cumplimiento se debe tomar como referencia los valores indicados en la siguiente tabla:

Tabla 6: Límites de composición química

Aleación		Límites	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros c/u total	Alumini o %
ISO	ANSI/ ASTM		%	%	%	%	%	%	%	%		
Al 99,5	1050A	máx.	0,25	0,4	0,05	0,05	0,05	-	0,07	0,05	0,03	Resto
		mín.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99,5
Al 99,6	1060A	máx.	0,25	0,35	0,05	0,03	0,03	-	0,05	0,03	0,03	Resto
		mín.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99,5
Al 99,0 Cu	1100	máx.	0,95(Si+Fe)		0,2	0,05	-	-	0,1	-	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	99
Al 99,0	1200	máx.	1,0(Si+Fe)		0,05	0,05	-	-	0,1	0,05	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	99
Al Cu4SiMg	2014	máx.	0,5	0,7	4,5	1,2	0,8	0,1	0,25	0,15	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	3,8	0,4	0,2	-	-	-	-	Resto
Al Cu4Mg1	2024	máx.	0,5	0,5	5,0	0,9	1,8	0,1	0,25	0,15	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	3,9	0,3	1,2	-	-	-	-	Resto
Al Cu6MN	2219	máx.	0,2	0,3	6,8	0,4	0,2	-	0,1	0,1	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	5,8	0,2	-	-	-	0,02	-	Resto
Al Mn1Cu	3003	máx.	0,6	0,7	0,25	1,5	-	-	0,1	-	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	Resto
Al Mn1Mg1	3004	máx.	0,3	0,7	0,2	1,5	1,3	-	0,25	-	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	0,05	1,0	0,8	-	-	-	-	Resto
Al Mn1	3103	máx.	0,5	0,7	0,1	1,5	0,3	0,1	0,2	-	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	-	0,9	-	-	-	-	-	Resto

Al Mg _{2,5}	5052	máx.	0,25	0,4	0,1	1,0	2,8	0,35	0,1	-	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	-	-	2,2	0,15	-	-	-	Resto
AlMg _{4,5} Mn 0,7	5083	máx.	0,4	0,4	0,1	1,0	4,9	0,25	0,25	0,15	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	-	0,4	4,0	0,05	-	-	-	Resto
Al Mg ₄ Al Mg _{4,5}	5086	máx.	0,4	0,5	0,1	0,7	4,5	0,25	0,25	0,15	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	-	0,2	3,5	0,05	-	-	-	Resto
Al Mg _{3,5}	5154	máx.	0,25	0,4	0,1	1,0	3,9	0,35	0,2	0,2	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	-	-	3,1	0,15	-	-	-	Resto
Al Mg ₂	5251	máx.	0,4	0,5	0,15	0,5	2,4	0,15	0,15	0,15	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	-	0,1	0,7	-	-	-	-	Resto
Al Mg ₃ Mn	5454	máx.	0,25	0,4	0,1	1,0	3,0	0,2	0,25	0,20	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	-	0,5	2,4	0,05	-	-	-	Resto
Al Mg ₃ Mn	5456	máx.	0,25	0,4	0,1	1,0	5,5	0,2	0,25	0,20	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	-	0,5	4,7	0,05	-	-	-	Resto
Al Mg ₃	5754	máx.	0,4	0,4	0,1	0,5	3,6	0,3	0,20	0,15	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	-	-	2,6	-	-	-	-	Resto
Al SiMg	6005	máx.	0,9	0,35	0,1	0,1	0,6	0,1	0,1	0,1	0,05/0,15	Resto
		mín.	0,6	-	-	-	0,4	-	-	-	-	Resto
Al SiMg(A)	6005A	máx.	0,9	0,35	0,3	0,5	0,7	0,3	0,2	0,1	0,05/0,15	Resto
		mín.	0,5	-	-	-	0,4	-	-	-	-	Resto
Al MgSi	6060	máx.	0,6	0,3	0,1	0,1	0,6	0,05	0,15	0,1	0,05/0,15	Resto
		mín.	0,3	0,1	-	-	0,35	-	-	-	-	Resto
Al Mg ₁ SiCu	6061	máx.	0,8	0,7	0,4	0,15	1,2	0,35	0,25	0,15	0,05/0,15	Resto
		mín.	0,4	-	0,15	-	0,8	0,04	-	-	-	Resto
Al Mg _{0,7} Si	6063	máx.	0,6	0,35	0,1	0,1	0,9	0,1	0,1	0,1	0,05/0,15	Resto
		mín.	0,2	-	-	-	0,45	-	-	-	-	Resto
Al Mg _{0,7} SiA	6063A	máx.	0,6	0,35	0,1	0,15	0,9	0,05	0,15	0,1	0,05/0,15	Resto
		mín.	0,3	0,15	-	-	0,6	-	-	-	-	Resto
Al Si ₁ MgMn	6082	máx.	1,3	0,5	0,1	1	1,2	0,25	0,2	0,1	0,05/0,15	Resto
		mín.	0,7	-	-	0,4	0,6	-	-	-	-	Resto
Al Mg ₁ SPb	6262	máx.	0,8	0,7	0,4	0,15	1,2	0,14	0,25	0,15	0,05/0,15	Resto
		mín.	0,4	-	0,15	-	0,8	0,04	-	-	-	Resto
Al Si ₁ Mg _{0,5} Mn	6351	máx.	1,3	0,5	0,1	0,8	0,8	-	0,2	0,2	0,05/0,15	Resto
		mín.	0,7	-	-	0,4	0,4	-	-	-	-	Resto
Al Zn _{5,5} MgCu	7075	máx.	0,4	0,5	2,0	0,3	2,9	0,28	6,1	0,2	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	1,2	-	2,1	0,18	5,1	-	-	Resto
Al Zn ₇ MgCu	7178	máx.	0,4	0,5	2,4	0,3	3,1	0,28	7,3	0,2	0,05/0,15	Resto
		mín.	-	-	1,6	-	2,4	0,18	6,3	-	-	Resto
Aleación	Límites	Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Cr %	Zn %	Ti %	Otros c/u total	Aluminio %	

En la presente tabla se puede observar los parámetros mínimos y máximos en los que se puede encontrar la aleación 6063 en su composición química para garantizar que los perfiles tengan una buena durabilidad y no se vean afectados en el proceso de extrusión.

Cedal al realizar la aleación 6063 trabaja con parámetros intermedios de lo que dictamina la norma, encontrando en el caso del Silicio (Si) parámetros mínimos de 0.38 y máximos de 0.43, en el caso del Hierro (Fe) se encuentran como parámetros mínimos de 0.16 y

máximos de 0.25, en el caso del Magnesio (Mg) se encuentran como parámetros mínimos de 0.48 y máximos de 0.52.

La razón por la cual la empresa Cedal trabaja con estos parámetros es debido a que al existir una mayor cantidad de Silicio en la aleación los billets al momento de ser extruidos tienen a entregar materia prima con presencia de rasgaduras internas o externas debido a ser más rígida, de manera contraria la aleación al tener una menor cantidad de Silicio los billets al ser extruidos tienen a ser débiles, de tal manera no se obtendría un producto de calidad y durabilidad.

Caso similar sucede con el Hierro, al existir una cantidad mayor de hierro en la aleación a la permitida por los parámetros que trabaja Cedal, la materia prima se torna más dura, lo que dificulta la extrusión del material ocasionando que la matriz presente daños y se pierda material y tiempo de producción, de igual manera al contar con menor cantidad de hierro la materia prima tiende a ser muy suave, por lo tanto, al momento de extruir el material la perfilera es muy blanda, lo que conlleva que internamente el material se fracture y sus partículas no se solidifiquen en el proceso de envejecimiento.

En el caso del Magnesio, al existir mayor cantidad de éste químico de la permitida por Cedal, la aleación se ve afectada al ser muy frágil con una gran tendencia a romperse o fracturarse internamente, caso similar sucede al contar con menor cantidad de magnesio, la aleación se vuelve muy blanda, sin la capacidad de recibir el tratamiento térmico de manera adecuada para obtener sus propiedades de dureza adecuadas.

Estas causas al no ser controladas pueden ocasionar pérdidas de tiempo, dinero y materia prima a la empresa, del mismo modo puede ocasionar una pérdida de clientes lo que afectaría a todo el personal operativo y administrativo de la empresa.

3.2.17 Acabado superficial

Los perfiles, barras, varillas y tubos extruidos deben contar con una superficie sin presencia de defectos visuales y que ésta se encuentre limpia ya que, al no encontrarse de esta forma, su utilización se vería afectada.

Los principales factores visuales que se presentan en la superficie del aluminio una vez extruido son:

3.2.18 Rayas pronunciadas de matriz

Estas son rayaduras longitudinales que suelen presentarse en la superficie del perfil, se las puede observar a simple vista, al tener presencia de estas rayas se debe rechazar el perfil para su reproceso ya que son causas de fragilidad en el material o puede existir carencia de ductilidad en el calor. Esto se presenta porque la prensa de extrusión trabaja con velocidades altas, impurezas en la cámara de extrusión, el tocho a extruir se encuentra sucio, temperatura de extrusión alta, matriz con abolladuras.

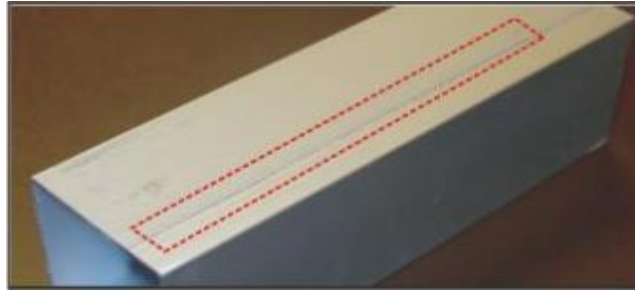


Figura 20: Rayas pronunciadas de matriz. [25]

3.2.18.1 Burbujas

Son agujeros huecos redondeados producidos por fallas en el método de desgasificación que se presentan en la superficie del perfil al momento de extruirlo. Sus principales causas son por alta temperatura en el billet, corte no adecuado del billet en la cizalla de la prensa de extrusión, exceso de lubricación en la cámara de extrusión.

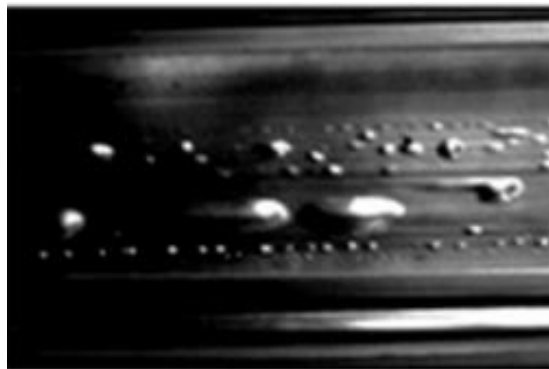


Figura 21: Burbujas del extruido [25]

3.2.18.2 Grietas

Son distorsiones pronunciadas en el metal, delgadas pero visibles a simple vista, generalmente son zigzagueantes por presencia de estrellas en la formación de billets, estas estrellas se deben a altas temperaturas en la formación de los billets, alta velocidad en la salida de billets en su formación. Una vez extruido el perfil con un billet que cuenta con

estrellas, éstas tienden a ampliarse dañando así la superficie del perfil, lo que conlleva a que se lo rechace. Las causas que pueden ser primordiales para la presencia de grietas, muy aparte de las antes mencionadas, son los errores en el diseño de la matriz, interrupciones al momento de extruir el billet, exceso de lubricación, baja temperatura en la extrusión del material.

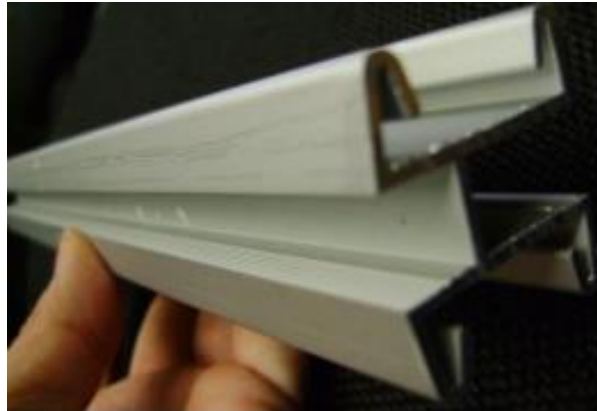


Figura 22: Grietas en el perfil de aluminio [25]

3.2.18.3 Corrosión

La corrosión en la superficie de un metal es producida principalmente por la reacción química de sustancias que lo rodean, en condiciones ambientales normales la corrosión se genera por el fenómeno electroquímico que significa la presencia de potencial en diferentes áreas de la superficie del perfil, este fenómeno ocurre por la utilización de materiales o aleaciones diferentes al momento de la fundición de los materiales en la fabricación de los billets.



Figura 23: Corrosión en el perfil de aluminio [25]

Estas falencias no siempre se pueden evitar debido a que interfieren algunos factores como los anteriormente mencionados, no obstante, el control en cada área es primordial

para evitar que sucedan pérdidas de material y tiempo en la producción de perfiles de aluminio.

3.2.18.4 Requisitos mecánicos

El material extruido debe cumplir con los requisitos establecidos por la normativa NTE INEN 2250 donde detalla la tracción, fluencia y alargamiento.

3.2.18.5 Tracción

Consiste en someter una probeta de un material a un esfuerzo axial de tracción ascendente hasta general la rotura de la misma, el ensayo entrega datos de resistencia al ser sometida a una fuerza estática.

3.2.18.6 Fluencia

La fluencia en un material consiste en la deformación que se produce al someter al mismo a un esfuerzo y temperatura constante en un periodo de tiempo. La fluencia se produce solamente al someter al metal a temperaturas elevadas.

3.2.18.7 Alargamiento

La elongación o alargamiento del material permite medir el incremento de la longitud que experimenta el material al ser sometido a un esfuerzo de tracción antes de ocasionar su ruptura, la unidad de medida del alargamiento se da en tanto por ciento con respecto a su tamaño inicial. Los parámetros que el aluminio debe cumplir se los detalla en la tabla 7:

Tabla 7: Requisitos mecánicos

Aleación Designación		Temple Designación	Espesor e	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de fluencia (MPa)	Alargamiento en 50 mm (%)
ISO	ASTM	ISO (ASTM)	(mm)	mínimo	mínimo	mínimo
Al 995	1050 A	M (H112)	2,5 < e < 30	65	20	23
Al 996	1060 A	M (H112)	Todos	60	15	25
Al 990 Cu	1100	M (H112)	e < 30	75	20	25
Al 99,0	1200	M (H112)	2,5 < e < 30	75	25	18
Al Cu ₄ SiMg	2014	TB (T4) TF (T6)	Todos e < 12,5	345 415	240 365	12 12
Al Cu ₄ Mg ₁	2024	TD (T3)	e < 6,3	395	290	12
Al Mn 1 Cu	3003	M (H112)	Todos	90	30	25
Al Mn 1	3103	M (H112)	e > 2,5	95	35	17
Al Mg 4 Mn 0,7	5083	M (H112)	e < 130	270	110	12
Al Mg ₄ Al Mg _{4,5}	5086	M (H112)	e < 130	240	95	12
Al Mg _{3,5}	5154	M (H112)	Todos	205	75	

Al Mg3 Mn	5454	M (H112)	$e < 130$	215	85	12
Al Mg3Mn	5456	M (H112)	$e < 130$	285	130	12
Al Mg 3	5754	M (H112)	$e > 3,0$	180	80	14
Al Si Mg (A)	6005 A	TE (T5)	$e < 6,3$	260	215	7
			$6,3 < e < 25$	260	215	9
		TF (T6)	$6,3 < e < 25$	260	240	10
			$e < 6,3$	260	240	8
Al Mg Si	6060	TF (T5)	$e < 3,2$	150	110	8
		TF (T6)	$e < 3,2$	205	170	8
			$3,2 < e < 25$	205	170	10
Al Mg1SiCu	6061	TB (T4)	Todos	180	110	16
		TF (T6)	$e < 6,3$	260	240	8
Al Mg 0,7 Si	6063	TA (T1)	$e < 16$	180	95	16
		TB (T4)	Todos	180	110	16
		TE (T5)	$e < 12,5$	150	110	8
			$12,5 < e < 25$	145	105	7
		TF (T6)	$e < 3,2$	205	170	8
			$3,2 < e < 25$	205	170	10
Al Si 1 Mg Mn	6082 A	TB (T4)	$e < 15$	205	110	14
		TF (T5)	$e < 15$	290	250	8
		TF (T6)	$5 < e < 20$	310	260	6
			$e > 15$	300	240	8
Al Si1Mg0,5Mn	6351	TB (T4)	$e < 20$	220	130	16
		TF (T5)	$e < 6,3$	260	240	8
			$3,2 < e < 25$	260	240	10
			$e < 3,2$	290	255	8
		TF (T6)	$3,2 < e < 25$	290	255	8

En la presente tabla se puede observar los parámetros que debe cumplir la aleación 6063 para el cumplimiento de la misma, de esta manera garantizar que el material obtenga la dureza requerida para considerarse como adecuado para continuar con el proceso hasta su comercialización. Para la medición de la dureza en la empresa Cedal se lleva a cabo un control de calidad mediante la utilización de un instrumento llamado durómetro, el mismo que permite medir la resistencia que tiene el material una vez recibido el tratamiento térmico en el horno de envejecimiento. Al utilizar dicho instrumento acortamos el tiempo el tiempo de medición de dureza, ya que de esta manera el durómetro engloba los tres apartados para la obtención de la dureza, como lo son la resistencia a la tracción, resistencia del material y alargamiento, los parámetros con los que Cedal trabaja son un mínimo de 7 grados Webster y un máximo de 10 grados Webster, cabe recalcar que ésta unidad de medida se da por el mismo instrumento. Cuando el perfil de aluminio no cumple con el valor mínimo de dureza se desecha para su reproceso en fundición, evitando de esta manera la pérdida de material.

3.2.18.8 Durómetro

El durómetro es un instrumento que permite la medición del aluminio, cobre y latón, éste entrega una medida rápida al realizar una simple presión apuñándolo sobre el material a medir. Mide perfiles de aluminio extruidos, tubos y planchas.

La utilización básica del durómetro se basa en realizar una presión más o menos contante sobre el material para que el muelle realice un trabajo de presión en el material, ésta combinación entrega la capacidad de medir una gran variedad de durezas en materiales, al realizar esta acción la aguja incorporada en la parte superior entrega los grados de dureza que cuenta el material al ser sometido a un tratamiento al igual que al material no sometido a éste último.

Los parámetros de dureza no se pueden aplicar en los siguientes casos:

- Probetas que no cuenten con dimensiones considerablemente grandes que dificulten su medición.
- Probetas con un espesor menor o igual a 1.6mm.

Al presentarse el caso que una probeta es considerablemente grande o sus dimensiones no lo permiten es recomendable tomar su dureza desde el perfil para obtener datos reales y verídicos que permitan saber si el material fue sometido correctamente al tratamiento térmico, se recomienda realizar la medición sobre el perfil extruido, tubo, barra para corroborar que su dureza es la adecuada.

3.2.18.9 Temples en aluminio extruido

Los temples de aluminio extruido según la normativa NTE INEN 2250 se clasifican según su tipo de tratamiento térmico, en el caso de tener presencia del mismo. A continuación, se detalla la tabla de temples de aluminio:

Tabla 8: Temples en aluminio extruido [25]

Designación		Tipos de Temple
ISO	AST M	
F	F	Como se fabrica.
O	O	Recocido.
M	H.112	Endurecido por deformación.
TA	T 1	Enfriado desde una temperatura elevada, necesaria para la conformación y envejecido naturalmente hasta una condición estable.
TB	T 4	Solubilizado y naturalmente envejecido hasta una condición estable.
TD	T 3	Solubilizado, trabajado en frío y envejecido naturalmente.

TE	T 5	Enfriado desde una temperatura elevada, necesaria para la conformación y luego, envejecido artificialmente.
TF	T 6	Solubilizado y luego envejecido artificialmente.
TM	T 7	Solubilizado y luego sobre envejecido.
TH	T 8	Solubilizado, trabajado en frío y luego envejecido artificialmente.

En el presente caso de estudio la aleación 6063 de la serie 6000 de aluminio, se designa la terminología 6063 TE en la normativa ISO y 6063 T5 en la normativa ASTM, en las cuales se detalla el tipo de temple, es en la presente tabla en la que la empresa Cedal lleva a cabo el proceso de tratamiento térmico (envejecimiento), en el cual explica que el temple llevado a cabo es “enfriado desde una temperatura elevada, necesaria para la conformación y luego, envejecido artificialmente”. Cumpliendo así el proceso seguido por Cedal, en donde existe una rampa de calentamiento que inicia desde temperatura ambiente hasta llegar a 205°C tomando un tiempo de 30 minutos, donde posteriormente se mantiene dicha temperatura en un lapso de tiempo de 2 horas en la cual se genera el “cocido” de los perfiles hasta llegar al punto en donde se debe retirar el material y dejarlo enfriar durante 20 a 30 minutos a temperatura ambiente para cumplir con el ciclo de tratamiento térmico o envejecimiento.

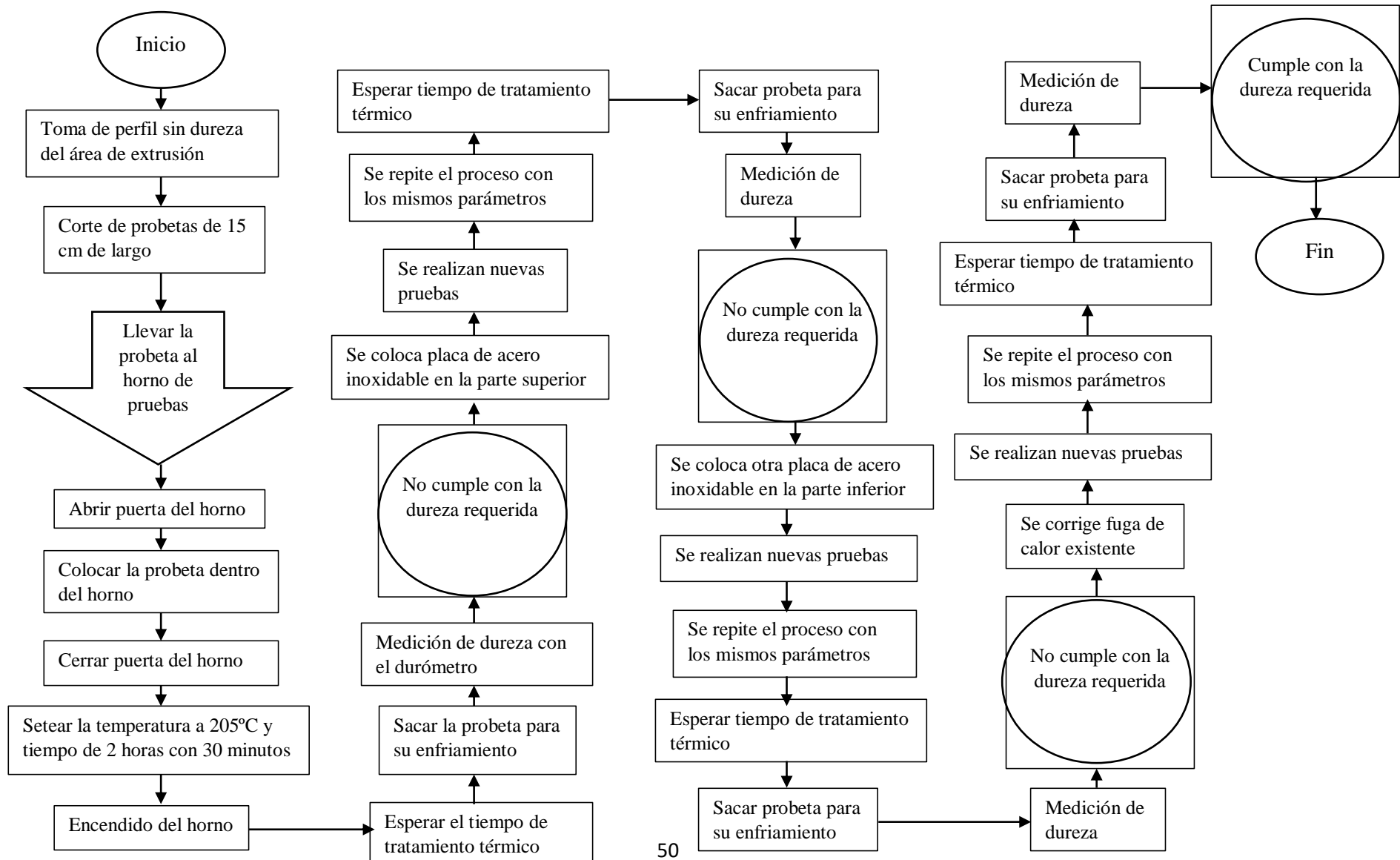
3.2.19 REPOTENCIACIÓN DEL HORNO DE PRUEBAS

Para dar cumplimiento a las actividades del objetivo específico 3 se realiza la adecuación y repotenciación de un horno de pruebas, el cual permite realizar diferentes ensayos mediante la utilización de probetas de aluminio extruido, de esta manera se conoce el comportamiento del material al ser sometido a diferentes curvas de temperatura y aire para el tratamiento térmico, previo al envío de billets producidos en el área de fundición al área de extrusión, obteniendo de ésta manera datos que ayudarán a prever que los perfiles de aluminio no obtengan la dureza requerida, al igual que ayudará a optimizar el proceso de tratamiento térmico ya que se conocerá los rangos de temperatura y tiempo al que se deberán someter los perfiles según sus lotes de producción, evitando de esta manera pérdidas de tiempo y materia prima. Inicialmente se realizaron pruebas con probetas de billets homogenizados. La temperatura a la que fueron sometidas estas probetas fue de 205°C con el horno convencional, sin ninguna adecuación.



Figura 24: Exterior e Interior del horno convencional

3.2.19.1 Diagrama de flujo del proceso de envejecimiento en el horno de pruebas



Para la realización de ensayos en el horno de pruebas del laboratorio de fundición se desarrolla un proceso en el cual consiste en tomar probetas de perfil con la finalidad de obtener datos de dureza que permitan conocer si dicho horno entrega datos reales y confiables referente al tratamiento térmico al que están siendo sometidos los perfiles de aluminio extruido.

El proceso se llevó a cabo de la siguiente manera:

1. Se tomó una probeta de billet homogenizado, se marcó su lado superior, inferior, lado derecho y lado izquierdo para realizar los controles de dureza luego de ser sometida al tratamiento térmico. (Se realizó con 5 probetas)
2. La curva a la que fue sometida la probeta fue de 205°C durante dos horas con treinta minutos.
3. Se extrae del horno la probeta y se deja enfriar durante 30 minutos a temperatura ambiente, posteriormente se realiza la prueba de dureza utilizando un durómetro Webster, el cual entregó datos variables presentados en la siguiente tabla:

Tabla 9: Tabla de probetas de billet aleación 6063

Probeta de billet aleación 6063					
Lado	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5
Superior delantero	3	2,5	4	3	2
Superior trasero	3,5	4	2,5	2,5	3
Inferior delantero	1	3	2	3	3,5
Inferior trasero	3	2,5	4	1	4
Derecho delantero	4	1	3	1	3,5
Derecho trasero	3	3	1,5	2,5	3
Izquierdo delantero	2,5	1	2,5	3	2,5
Izquierdo trasero	3	4	3	2	2
Promedio de dureza en grados Webster	2,8	2,6	2,8	2,3	3

4. Se repite el proceso, con la diferencia que en esta ocasión se utiliza perfiles cuadrados, los cuales son los más comercializados de la aleación 6063 por parte de la empresa Cedal. Dichas pruebas arrojaron datos variables, cabe recalcar que para ésta ocasión a las probetas se las sometió a una temperatura de 205°C con un tiempo de 5 horas, el cual es el doble del tiempo normal al que debe ser sometido el perfil para obtener un temple adecuado para obtener los parámetros permitidos de dureza, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 10: Tabla de probetas de perfil cuadrado aleación 6063

Probeta de perfiles aleación 6063					
Lado	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5
Superior delantero	2,5	3	3,5	2,5	3,5
Superior trasero	2,5	2	3	3	4
Inferior delantero	2	3,5	4	3,5	2,5
Inferior trasero	2,5	3	3,5	2	3,5
Derecho delantero	3	2	2	3	3
Derecho trasero	3,5	3,5	2,5	1,5	1
Izquierdo delantero	2	4	3	2,5	3
Izquierdo trasero	2,5	2,5	4	3	2,5
Promedio de dureza en grados Webster	2,5	2,9	3,2	2,6	2,8

5. Se repite el proceso en probetas de perfil extruido con un cambio en el horno de envejecimiento, para estas nuevas pruebas se coloca una placa de acero inoxidable entre las niquelinas y las probetas, ésta placa de acero inoxidable nos brindará una mejor distribución de calor y no entregará la temperatura de manera directa al perfil, lo que afecta que el calentamiento de la probeta sea homogéneo. Al realizar este proceso de envejecimiento con la placa de acero inoxidable con una temperatura de 205°C y un tiempo de 2 horas con 30 minutos se obtuvo datos más homogéneos, pero aún sin llegar a los parámetros mínimos establecidos por la norma que es un grado de 7 y como máximo un grado de 10. En la figura 23 se observa el interior del horno de pruebas colocado una placa de acero inoxidable, la cual impide que el calor generado por el horno sea entregado directamente sobre la probeta, consiguiendo de esta forma que el calor se distribuya de mejor manera en su interior. Para lo cual las pruebas realizadas entregaron los siguientes datos:

Tabla 11: Tabla de probetas de perfil cuadrado aleación 6063

Probeta de perfiles aleación 6063					
Lado	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5
Superior delantero	5	4	5	4	5
Superior trasero	5	5	4	4	4
Inferior delantero	4	5	4	4	5
Inferior trasero	4	3	5	5	5
Derecho delantero	5	4	5	4	4
Derecho trasero	5	3,5	5	5	3
Izquierdo delantero	4	4	4	5	5
Izquierdo trasero	5	5	4	4	4
Promedio de dureza en grados Webster	4,6	4,2	4,5	4,4	4,3

6. En las siguientes pruebas se sometió a las probetas a la misma temperatura (205°C) con un tiempo de 5 horas, en las cuales se obtuvo mejores resultados que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normativa NTE INEN 2250, obteniendo un grado mínimo de 7 grados de dureza y un máximo de 8. Dichos datos se los presenta en la siguiente tabla:

Tabla 12: Tabla de probetas de perfil cuadrado aleación 6063

Probeta de perfiles aleación 6063					
Lado	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5
Superior delantero	8	7	8	8	7
Superior trasero	7	8	8	7	7
Inferior delantero	6	8	7	8	8
Inferior trasero	8	7	8	7	7
Derecho delantero	9	7	7	7	8
Derecho trasero	8	8	7	8	7
Izquierdo delantero	7	8	8	8	7
Izquierdo trasero	7	7	8	8	8
Promedio de dureza en grados Webster	7,5	7,5	7,6	7,7	7,4

7. En las siguientes pruebas realizadas se ejecutó cambios en la parte interna del horno como es colocar una segunda placa de acero inoxidable, al realizar esta actividad el calor interno entregado por el horno se distribuyó de mejor manera hacia las probetas que sirven como pruebas y se corrigió una fuga de calor existente en el horno utilizando lana de vidrio, la misma que funciona como aislante térmico para evitar pérdidas de temperatura y obtener una corriente de aire homogéneo dentro del horno. Figura 24: colocación de una segunda placa de acero inoxidable en la parte inferior del horno, adicional se corrige fuga de calor colocando lana de vidrio.

De la misma manera que en los casos anteriores se realizó pruebas a 5 probetas sometidas a una temperatura de 205°C por un tiempo de 2 horas con 30 minutos.

Los datos obtenidos de las probetas al realizar dichas modificaciones son los siguientes:

Tabla 13: Tabla de probetas de perfil cuadrado aleación 6063

Probeta de perfiles aleación 6063					
Lado	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5
Superior delantero	8	9	9	8	9
Superior trasero	9	8	8	9	8
Inferior delantero	8	8	8	8	8
Inferior trasero	8	9	8	9	9
Derecho delantero	9	9	9	8	8
Derecho trasero	8	8	8	8	8
Izquierdo delantero	8	8	8	9	9
Izquierdo trasero	8	8	9	8	8
Promedio de dureza en grados Webster	8,2	8,3	8,4	8,3	8,4

Una vez realizadas las pruebas se observa que en una primera instancia se obtuvo niveles de dureza bajos, ya que internamente el horno del laboratorio de fundición no contaba con las condiciones adecuadas para que las probetas de aluminio obtengan una dureza homogénea, debido a que el flujo de la temperatura interna del horno no era el adecuado para que el material reciba la misma cantidad de calor en todas las secciones, siendo estos valores 1, 2 y 3 grados de dureza en la escala de Webster los cuales son entregados por un durómetro utilizado para realizar esta medición.

Al realizar los cambios internos y controlando una fuga de calor existente en el horno de pruebas se obtuvo valores de dureza homogéneos y confiables en comparación a las primeras pruebas realizadas, estos valores se encuentran en un promedio de 8 a 9 grados en la escala de Webster, los cuales están dentro de los parámetros que Cedal maneja para decidir si un el material ya envejecido cumple con los estándares para su posterior comercialización.

3.3 Evaluación

3.3.1 Evaluación Técnico

La propuesta que se realiza al optimizar el proceso de envejecimiento de aluminio en la empresa Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A Cedal, genera aspectos positivos ya que, gracias a la repotenciación del horno de pruebas, el área de fundición puede prever pérdidas de material al conocer el tratamiento térmico que al que se debe someter la perfilería producidas por los billets fabricados en dicha área.

3.3.2 Evaluación Social

El personal del área de fundición de la empresa Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A Cedal son 17, los cuales se han visto afectados por la falta de dureza en los perfiles de aluminio, lo que conlleva pérdidas económicas y de recursos. El presente proyecto permitirá conocer de manera previa el comportamiento que tendrá el material una vez éste haya sido sometido al tratamiento térmico (envejecimiento) el cual permitirá disminuir el rechazo existente en la perfilería de aluminio.

3.3.3 Evaluación Ambiental

El aluminio es un material que se puede reciclar en su totalidad, pese a eso en el presente proyecto de investigación se evita el desperdicio del mismo ya que para su producción y elaboración se utilizan diferentes elementos químicos e insumos que pueden afectar al medio ambiente al no ser tratados de manera adecuada, generando así daños en el ambiente. Por tal motivo, al optimizar el proceso de envejecimiento se evade que estas causas que pueden afectar al ambiente disminuyan.

3.3.4 Evaluación Económica

En el presupuesto del presente proyecto de investigación se detallan las actividades que se desarrollaron para la realización de la optimización del proceso de envejecimiento en la empresa Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A Cedal.

Tabla 14: Presupuesto del proyecto

PRESUPUESTO				
Recursos	Cantidad	Unidad	V. Unitario	V. Total
Transporte en general				
Pasajes	60	und	\$1,00	\$60,00
Materiales y suministros				
Internet	3	mes	\$35	\$105
Bolígrafos	4	und	\$0,35	\$1,4
Carpetas	2	und	\$0,50	\$1,00
Hojas de papel	150	und	\$0,05	\$7,5
Marcadores	4	und	\$0,50	\$2
Otros Recursos				
Levantamiento de información	8	und	\$3,50	\$28
Elaboración de curvas de temperatura	8	und	\$3,50	\$28
Placas de acero inoxidable	1	und	\$38	\$38
Varillas de acero inoxidable	1	m	\$38	\$38
Lana de vidrio Pyrotek	1	m	\$55	\$55
Total				\$363,9

4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

4.1 CONCLUSIONES

- Mediante el levantamiento de información realizado del horno de envejecimiento se obtuvo datos en los cuales se observa que existe una curva de tratamiento térmico, la cual permite que los perfiles de aluminio obtengan dureza para su comercialización, no obstante, en algunos casos se presentan datos de dureza menores a los requeridos por Cedal para considerarlos como un material de calidad y apto para ser lanzados al mercado.
- Cedal actualmente trabaja con la norma NTE INEN 2250 la cual establece los parámetros que se deben cumplir para que el aluminio extruido obtenga su dureza requerida, siendo ésta última, medida con un durómetro el cual entrega valores confiables al ser un instrumento calibrado para su medición en aluminio.
- Con la repotenciación de un horno de pruebas se optimiza el proceso de tratamiento térmico en los perfiles de aluminio, obteniendo así datos reales y confiables previo al envío de billets al área de extrusión, observando una mejora en la dureza en las probetas utilizadas, pasando de un promedio de dureza de 2 grados Webster en primeras instancias y posterior a su mejora se obtuvo un promedio de dureza de 9 grados Webster, estos datos servirán para llevar un control adecuado de temperatura y tiempo en la perfilería de la aleación 6063.

4.2 RECOMENDACIONES

- Es recomendable llevar un mejor control de temperatura y tiempo en el horno de producción, ya que al encontrarse los perfiles de aluminio un tiempo mayor al establecido, éste puede presentar daños en su acabado superficial o en su estructura interna.
- Se recomienda tener un mejor control al momento de añadir elementos químicos al horno de fundición, ya que al existir alzas o bajas del porcentaje de estos químicos puede perjudicar la composición del billet, lo que generaría posibles fallas al momento de recibir el tratamiento térmico y de ésta manera no obtener la dureza adecuada para que el perfil sea comercializado.
- En base a los resultados obtenidos se recomienda realizar ensayos previos utilizando el horno de pruebas para conocer el comportamiento que tendrá el material una vez recibido el tratamiento térmico (envejecimiento) antes de ser enviado a las prensas, de esta manera se evita desperdicio de material.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Bonilla y L. Gordillo, «Efecto del Tiempo de Envejecido en la Estructura Cristalina y las Propiedades Mecánicas del Aluminio 6061,» Universidad Antonio Nariño, 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/2211/1/2020Andr%C3%A9sFelipeBonillaCanizales.pdf>. [Último acceso: 04 11 2022].
- [2] C. Bohórquez, M. Sierra y J. Lemus, «Influencia del tratamiento térmico de envejecimiento en las propiedades mecánicas de los aluminos 6061 T6 y 6063 T5,» 2012. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/Dialnet-InfluenciaDelTratamientoTermicoDeEnvejecimientoEnL-3705022%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/Dialnet-InfluenciaDelTratamientoTermicoDeEnvejecimientoEnL-3705022%20(3).pdf). [Último acceso: 03 11 2022].
- [3] C. Campos y J. Miller, «Efecto del tiempo y temperatura del tratamiento de envejecido artificial en las propiedades mecánicas y microestructura de la aleación de aluminio: 2014A,» Universidad Nacional de Trujillo, 2022. [En línea]. Available: <https://dspace.unitrु.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/20416/Campos%20Cosme.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 05 11 2022].
- [4] «Concepto ABC,» 2019. [En línea]. Available: <https://conceptoabc.com/aluminio/>. [Último acceso: 07 11 2022].
- [5] S. S. Abarca Guerrero y D. R. Marchan Vallejo, «Estudio de la soldabilidad y resistencia mecánica de los aluminos estructurales aa6063 y aa6061 tratados térmicamente por proceso de envejecimiento, y soldados mediante proceso de soldadura gmaw,» Escuela Politécnica Nacional, 2016. [En línea]. Available: [C:/Users/PERSONAL/Downloads/CD-7273%20\(1\).pdf](C:/Users/PERSONAL/Downloads/CD-7273%20(1).pdf). [Último acceso: 05 01 2023].
- [6] Cedal, 2019. [En línea]. Available: <http://www.cedal.com.ec/index.php/es/produccion.html>. [Último acceso: 10 12 2022].
- [7] J. Serrano Perez, «Comportamiento a la fatiga en uniones de aluminio 6061-t6 con tratamiento térmico,» Insituto Politecnico Nacional, 2015. [En línea]. Available: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/16679/JavierSerranoPerez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 05 01 2022].
- [8] G. A. Barona Lopez y J. C. Guilcamaigua Padilla, «CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ DE ALEACION DE ALUMINIO-SILICIO,» Escuela Politecnica Nacional, Abril 2018. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2163/1/CD-2012.pdf>. [Último acceso: 28 12 2022].

- [9] H. A. Navas Moscoso, «Análisis cuantitativo de los elementos aleantes principales precipitados en la formación de billets de aluminio de aleación 6063 en equipo de fundición tipo hertwich de colada continua horizontal que se producen en la empresa cedal,» Universidad Técnica de Ambato, 2016. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24775/1/Tesis%20I.M.%20360%20-%20Navas%20Moscoso%20Hern%C3%A1n%20Alberto.pdf>. [Último acceso: 20 12 2022].
- [10] P. Jose, «Universidad de Carabobo,» [En línea]. Available: <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/7480/jpoleo.pdf?sequence=3>. [Último acceso: 08 11 2022].
- [11] A. P. Ingeniería, «Fundamentos de Ciencias Materiales,» [En línea]. Available: https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm13/fcm13_4.html#:~:text=Para%20identificar%20las%20aleaciones%20de,indican%20la%20pureza%20del%20metal.. [Último acceso: 14 12 2022].
- [12] «El Aluminio Construcción y Estructura,» 2015. [En línea]. Available: https://wiki.ead.pucv.cl/images/8/8e/Clase_2_construcci%C3%B3n_1_n%C3%A1utica_2015_Aluminio_2.pdf. [Último acceso: 12 12 2022].
- [13] J. M. Hinojosa Iza y E. A. Raura Díaz, «Análisis de las Propiedades Mecánicas de la alción 6063 en el Proceso de Homogenizado en la Empresa Cedal S.A.,» Universidad Técnica de Cotopaxi, 02 2018. [En línea]. Available: <https://docplayer.es/90865880-Universidad-tecnica-de-cotopaxi.html>. [Último acceso: 11 12 2022].
- [14] V. C. J. Estefania, «Estudio del enfriamiento de billets de aluminio de aleación 6063 en el proceso de homogenizado y su influencia en la productividad en el área de extrusión en la empresa Cedal S.A,» Universidad Tecnica de Cotopaxi , 07 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4699/1/PI-000804.pdf>. [Último acceso: 16 12 2022].
- [15] «Extrusion-Generalidades,» [En línea]. Available: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/2548/9/09-MPM-Cap6-Final.pdf>. [Último acceso: 20 12 2022].
- [16] G. M. Luis Calderón, «dspace.ups.edu.ec,» Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec>. [Último acceso: 4 Enero 2023].
- [17] R. Esparza, «Ciencia y Tecnologia, El aluminio,» Abril 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.utm.mx/bitstream/123456789/355/1/2017-TCyT-MARE.pdf>. [Último acceso: 04 11 2022].
- [18] G. Correa, «dspace.esPOCH.edu.ec,» 27 Mayo 2013. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec>. [Último acceso: 10 Enero 2023].

- [19] S. E. Certainty, «Ataque químico,» [En línea]. Available: <https://www.struers.com/es-ES/Knowledge/Etching#>. [Último acceso: 26 01 2023].
- [20] Goldex, «Aleaciones del Aluminio,» [En línea]. Available: <http://alloy-products.com/6000-series-aluminum-alloys.html>. [Último acceso: 27 01 2023].
- [21] P. d. A. Net, «¿Cuál es la diferencia entre aluminio 6061 vs 6063?,» [En línea]. Available: <https://perfilesdealuminio.net/articulo/icual-es-la-diferencia-entre-aluminio-6061-vs-6063/11>. [Último acceso: 29 12 2022].
- [22] GHI, «ghihornos,» [En línea]. Available: <https://www.ghihornos.com>. [Último acceso: 11 Enero 2023].
- [23] Library, «Antecedentes de la fundición de piezas en el Ecuador,» 2015. [En línea]. Available: <https://1library.co/article/antecedentes-de-la-fundici%C3%B3n-de-piezas-en-ecuador.zx5mvevq>. [Último acceso: 05 11 2022].
- [24] C. E. d. Aluminio, «cedal.com.ec,» 2019. [En línea]. Available: <http://www.cedal.com.ec>. [Último acceso: 2023 Febrero 15].
- [25] INEN, «normalizacion.gob.ec,» 12 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec>. [Último acceso: 15 Febrero 2023].
- [26] UNESCO, «Nomenclatura Internacional de UNESCO para los campos de Ciencia y Tecnología,» [En línea]. Available: <https://www.um.es/documents/1235915/3330673/codigosUNESCO-ciencia-tecnologia.pdf/85d6ff59-e7bf-46a1-9619-fc33859e87c3>. [Último acceso: 3 Junio 2022].



ANEXO 1. INFORME ANTIPLAGIO PROYECTO DE TITULACIÓN

Facultad:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Carrera:	Ingeniería Industrial
Nombre del docente evaluador que emite el informe:	Ing. Benjamín Belisario Chávez Ríos
Documento evaluado:	Optimización del proceso de envejecimiento en la perfilería de aluminio en la empresa Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A Cedal
Autores del documento:	Sr. Sandoval Jiménez Carlos Iván
Programa de similitud utilizado:	Sistema URKUND
Porcentaje de similitud según el programa utilizado:	3%
Observaciones: Calificación de originalidad atendido a los siguientes: <ul style="list-style-type: none">• El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.• El documento cumple criterios de originalidad, con observaciones.• El documento no cumple criterios de originalidad.	...X.....
Fecha de realización del informe:	2/15/2023 8:06:00 PM

Document Information



Analyzed document	OPTIMIZACION DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO EN LA PERFILERIA DE ALUMINIO EN LA EMPRESA CORPORACION ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL.pdf (D158727794)
Submitted	2/15/2023 8:06:00 PM
Submitted by	
Submitter email	benjamin.chavez0374@utc.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	benjamin.chavez0374.utc@analysis.arkund.com

Ing. MsC. Benjamín Belisario Chávez Ríos
Director del Proyecto de Investigación.

Document Information

Analyzed document	OPTIMIZACION DEL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO EN LA PERFILERIA DE ALUMINIO EN LA EMPRESA CORPORACION ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL.pdf (D158727794)
Submitted	2/15/2023 8:06:00 PM
Submitted by	
Submitter email	benjamin.chavez0374@utc.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	benjamin.chavez0374.utc@analysis.arkund.com

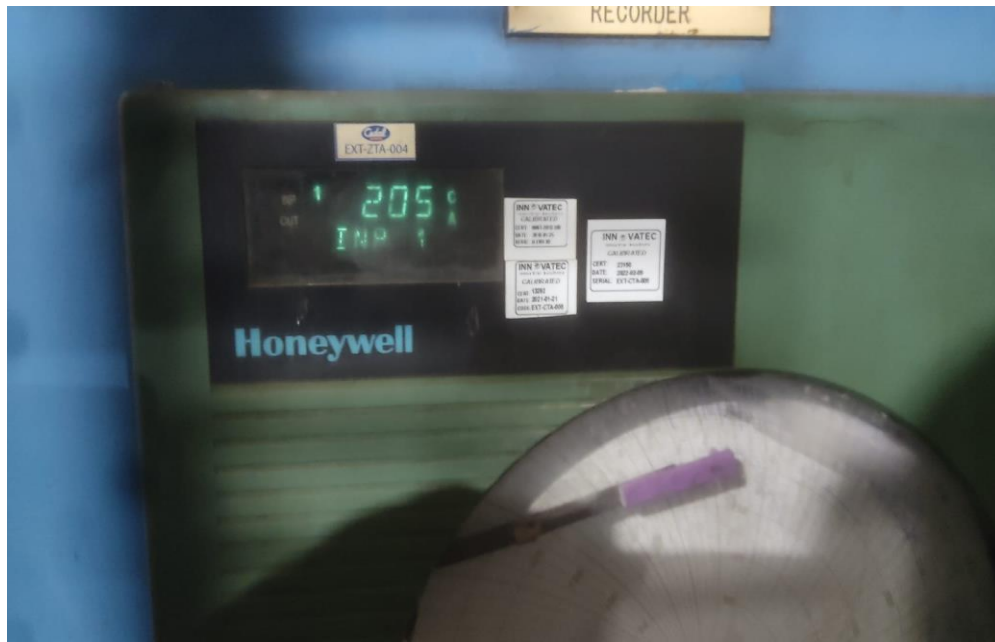
Sources included in the report

W	URL: https://conceptoabc.com/aluminio/ Fetched: 2/15/2023 8:06:00 PM		1
W	URL: http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/7480/jpoleo.pdf?sequence=3 Fetched: 2/15/2023 8:07:00 PM		8
SA	EDISON PALTAN DEBER 3.pdf Document EDISON PALTAN DEBER 3.pdf (D71358569)		4
SA	1441501233_Proyecto Ciencias de Materiales (Aleaciones Al-Cu).docx Document 1441501233_Proyecto Ciencias de Materiales (Aleaciones Al-Cu).docx (D15168645)		2
SA	1441320452_Proyecto Ciencias..docx Document 1441320452_Proyecto Ciencias..docx (D15155881)		1
SA	NAVAS HERNAN TESIS AA6063.pdf Document NAVAS HERNAN TESIS AA6063.pdf (D22677628)		1

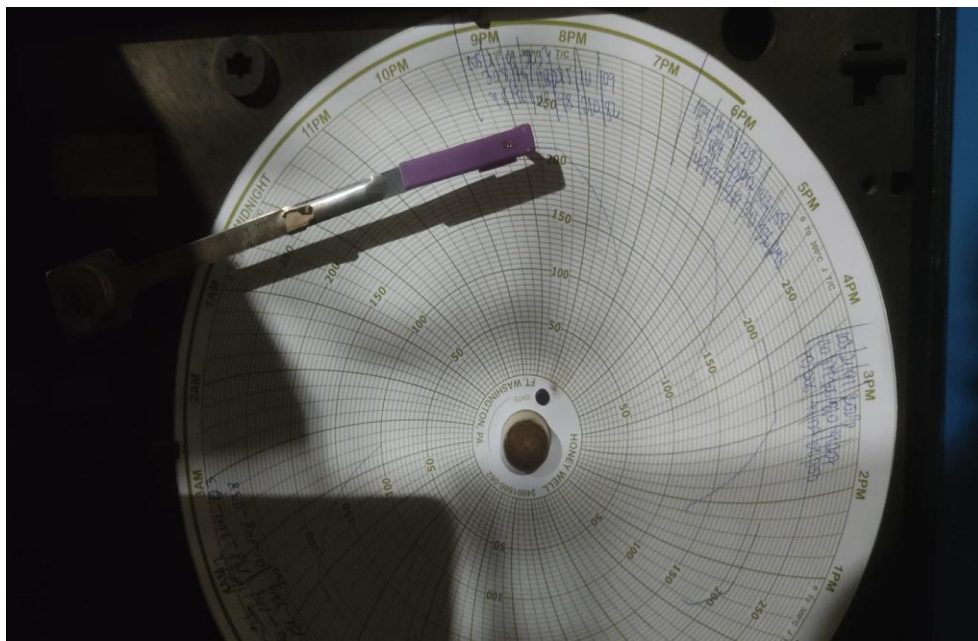
Entire Document

ANEXOS

ANEXO I: Temperatura del horno de envejecimiento durante el proceso de tratamiento térmico.



Anexo II: Termógrafo



Anexo III: Durómetro.



ANEXO IV: Interior del horno de pruebas colocado una placa de acero inoxidable para evitar el golpe directo de calor sobre la probeta.



ANEXO V: Pirómetro. Este instrumento permite medir la temperatura a distancia para evitar quemaduras al encontrarse cerca de un objeto caliente.



ANEXO VI: El espectrómetro permite conocer la composición química del material mediante un arco eléctrico que se genera en su cámara de luz.



ANEXO VII: Datos obtenidos mediante la utilización del espectrómetro para conocer la composición química del aluminio en el proceso de colado continuo.

	Al %	Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Zn %	Cr %	Ni %	Ti %
Ave	98,8	0,421	0,155	0,009	0,011	0,488	0,006	0,004	0,003	0,024
1	98,8	0,425	0,157	0,009	0,011	0,471	0,006	0,004	0,003	0,026
2	98,8	0,422	0,154	0,009	0,011	0,498	0,006	0,004	0,003	0,024
3	98,8	0,415	0,155	0,009	0,011	0,494	0,006	0,004	<0,003	0,022

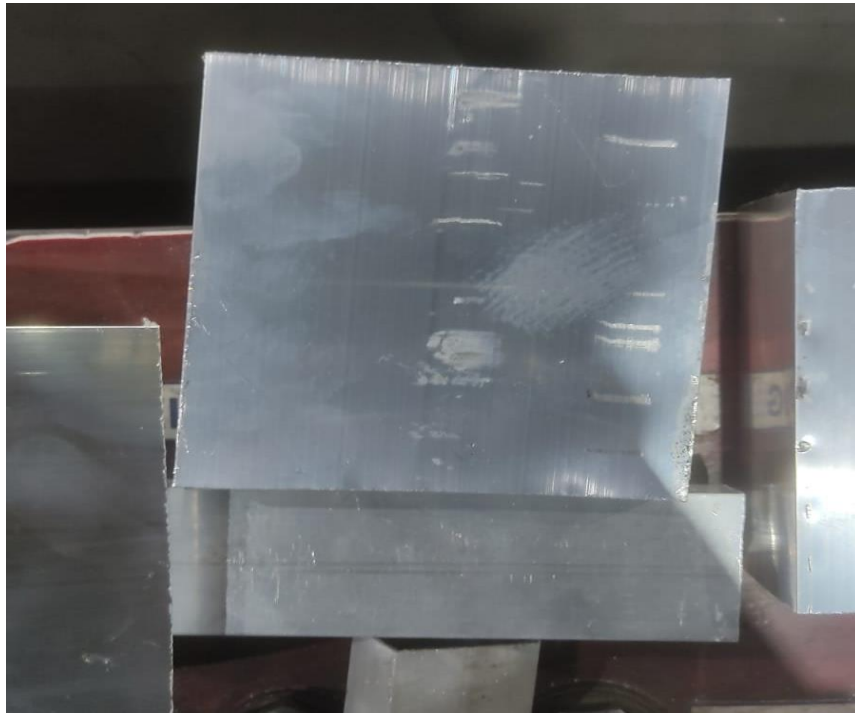
	Be %	Ca %	Li %	Pb %	Sn %	Sr %	V %	Na %	Bi %	Zr %
Ave	<0,000	0,002	0,000	<0,005	<0,005	0,001	0,010	0,006	<0,010	0,006
1	<0,000	0,003	0,000	<0,005	<0,005	0,001	0,011	0,014	<0,010	0,006
2	<0,000	0,001	0,000	<0,005	<0,005	0,001	0,010	0,003	<0,010	0,006
3	<0,000	0,001	0,000	<0,005	<0,005	0,001	0,010	0,002	<0,010	0,005

	Ga %	Cd %	Co %	Ag %	Hg %	In %	Sb %	Ce %	La %	Mo %
Ave	0,009	<0,001	<0,003	0,001	<0,005	0,012	<0,050	<0,005	<0,001	<0,002
1	0,008	<0,001	<0,003	0,001	<0,005	0,012	<0,050	<0,005	<0,001	<0,002
2	0,009	<0,001	<0,003	0,001	<0,005	0,012	<0,050	<0,005	<0,001	<0,002
3	0,008	<0,001	<0,003	0,001	<0,005	0,011	<0,050	<0,005	<0,001	<0,002

ANEXO VIII: Formación de billets de aluminio de forma geométrica mediante la utilización de moldes.



ANEXO IX: Probetas de perfil de aluminio utilizadas en el horno de pruebas



ANEXO X: Medición de dureza obtenida por los perfiles al ser sometidos al tratamiento térmico (envejecimiento) en el horno de pruebas utilizando el durómetro para su medición.

