



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MICROEMPRESA DE RECICLADO DE ALUMINIO PROPUESTA PARA
MEJORAR EL PROCESO DE FUNDICIÓN Y SU VIABILIDAD**

Erick Medardo Tobar Cruz
Asesorado por Inga. Marcia Ivonne Véliz

Guatemala, agosto de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MICROEMPRESA DE RECICLADO PROPUESTA PARA MEJORAR EL
PROCESO DE FUNDICIÓN Y SU VIABILIDAD**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ERICK MEDARDO TOBAR CRUZ

ASESORADO POR INGA. MARCIA IVONE VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Oscar Mauricio Herrera Ramos
EXAMINADOR	Ing. Luis Emilio Rodas
EXAMINADOR	Ing. Francisco Arturo Hernández Arriaza
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MICROEMPRESA DE RECICLADO PROPUESTA PARA MEJORAR EL PROCESO DE FUNDICIÓN Y SU VIABILIDAD

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Industrial, con fecha 6 de septiembre de 2000.

Erick Medardo Tobar Cruz

DEDICATORIA

A DIOS

Por su guía

A MIS PADRES

Medardo Tobar Najarro
Rosa de Tobar

A MI ESPOSA

Christa María Mury de Tobar

A MIS HIJAS

María Daniela
Paula María
Natalia del Carmen

A MIS HERMANOS

Byron Estuardo
Vinicio Giovanni
Rosemary Jeannete
Fernando Alfredo
Danilo Rafael

A MIS TÍOS

Magín Cruz
Lucrecia Cruz
Fernando Cruz
Marcelino Tobar
Paula Tobar

AGRADECIMIENTOS

A DIOS	Por darme la oportunidad de alcanzar esta meta.
A MIS PADRES	Por el apoyo constante y darme siempre el ejemplo a seguir.
A MI ESPOSA	Por su ayuda incansable, y su comprensión a lo largo de mis estudios; a ella, todo mi amor.
A MIS HIJAS	Por ser el complemento de mi vida, la felicidad y la motivación para enfrentar los retos diarios.
A MIS HERMANOS	Por ser el apoyo constante.
A MI GRUPO DE ESTUDIO	Por su tolerancia, insistencia, apoyo y sincera amistad.
A MIS GUÍAS	Manuel cruz (q.e.p.d.), Bertoldo Nathusius (q.e.p.d) y Carlos Algara por sus consejos y experiencias a lo largo de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IV
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	VIII
RESUMEN	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
OBJETIVOS	XV
1. ANTECEDENTES	2
1.1 El aluminio como materia prima	2
1.2 Los tipos de fundición	12
1.2.1 Fundición de arenas	16
1.2.2 Fundición en molde permanente	17
1.2.3 Fundición en matriz	18
1.2.4 Fundición por centrifugado	20
1.2.5 Fundición por revestimiento	22
1.2.6 Procesos de fundición	24
1.2.6.1 Proceso de fundición de aluminio en arena 1984 – 1997	24
1.2.6.2 Procesos de fundición de aluminio en coquilla desde 1997	25
1.3 Los tipos de moldes	26
1.4 Los tipos de arenas	31
1.4.1 Arena o tierra de moldeo natural	31
1.4.2 Arenas sintéticas	31
1.5 Aspecto ecológico	33
1.6 Reciclar	34
1.6.1 Reciclaje artesanal	36

2.	SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN ARTESANAL	37
2.1	Usos de desechos de aluminio como materia prima	38
2.2	Productos artesanales	39
2.3	Descripción de las instalaciones, personal y equipo	40
2.3.1	Instalaciones	40
2.3.2	Personal	41
2.3.3	Equipo	42
2.4	Distribución en planta	48
2.5	Fuentes de suministro de desechos de aluminio	50
2.6	Análisis de costos	50
2.6.1	Costo de materia prima	50
2.6.2	Costo de mano de obra	50
2.6.3	Costo de fabricación	51
2.7	Ventas	52
3.	MODELO PROPUESTO	53
3.1	Tamaño y localización de la planta	53
3.1.1	Tamaño	53
3.1.2	Localización de la planta	55
3.2	Terreno	57
3.3	Maquinaria y equipo necesario	57
3.4	Proceso de producción	58
3.4.1	Descripción del proceso	58
3.4.2	Elaboración de moldes y machos	58
3.4.3	Fusión	59
3.4.4	Colada	60
3.4.5	Limpieza	60
3.5	Monto de la inversión	64
3.5.1	Análisis del monto de la inversión	66

4.	ANÁLISIS DE COSTOS Y EVALUACIÓN FINANCIERA	67
4.1	Costos de producción	67
4.1.1	Costo de materia prima	67
4.1.2	Costo de mano de obra	68
4.2	Punto de equilibrio	72
4.2.1	Análisis de equilibrio lineal	73
4.2.2	Contribución en el ingreso bruto debido al nuevo proceso productivo	74
4.2.3	Diferencia entre los costos actuales y el debido al nuevo proceso productivo	74
4.3	Tasa de descuento	74
4.3.1	Definición	74
4.3.2	Aplicación	75
4.4	Valor actual neto	75
4.5	Tasa interna de retorno	76
5.	SEGUIMIENTO	77
5.1	Instalación de la maquinaria y equipo	77
5.1.2	Ventajas	80
5.1.3	Desventajas	80
5.2	Capacitación de personal	80
	CONCLUSIONES	82
	RECOMENDACIONES	83
	BIBLIOGRAFÍA	85

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Diagrama de problemas y requerimientos básicos en la fundición	14
2	Diagrama de fundición en molde de arena	15
3	Diagrama de fundición en molde permanente	16
4	Diagrama de fundición en matriz	17
5	Diagrama de fundición por centrifugado	19
6	Diagrama de fundición por revestimiento	21
7	Diagrama de causa y efecto, fundición de arena	22
8	Diagrama de causa y efecto, fundición en coquilla	23
9	Organigrama	39
10	Balanza	40
11	Almádena	40
12	Martillo de bola	41
13	Cinzel	41
14	Horno para fusión	41
15	Crisol grafitado	42
16	Tenaza para crisol	42
17	Moldes	42
18	Barreno	43
19	Pulidora eléctrica	43
20	Prensa	43
21	Lima plana	44
22	Torno para metales	44
23	Banco de trabajo	45
24	Plano de distribución en planta	46
25	Fundición artesanal	47

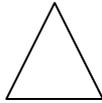
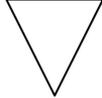
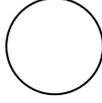
26 Colada	47
27 Producto terminado (reposadera de aluminio)	50
28 Plano de distribución en planta	52
29 Plano de ubicación	54
30 Diagrama de bloques del proceso	59
31 Diagrama de procesos	60
32 Diagrama de operaciones	61
33 Hoja de control de costos	69
34 Gráfica de punto de equilibrio	71
35 Plano de distribución en planta	77
36 Acomodamiento de la infraestructura física	78
37 Nuevo proceso de colado y área de fundición	78
38 Área de cajas	79
39 Proceso de maquinado y producto terminado	79

TABLAS

I.	Designación para los grupos de aleación	04
II.	Temples básicos y su aplicación	05, 06
III.	Tipos de aleación y sus productos	09
IV.	Puntos de fusión	13
V.	Tipos de aglomerantes	28
VI.	Procesos que generan desperdicios - fundición de metales	36
VII.	Inventario de equipo	45
VIII.	Costo de materia prima	48
IX.	Costo de mano de obra	49
X.	Costo de fabricación	49
XI.	Ventas mensuales	50
XII.	Área de las instalaciones	51
XIII.	Listado de maquinaria y equipo	55
XIV.	Inversión en maquinaria, equipo y herramienta	63
XV.	Inversión en mobiliario y equipo de oficina	63

XVI.	Resumen	63
XVII.	Costo de materia prima	65
XVIII.	Determinación del precio a pagar a destajo por unidad	66
XIX.	Determinación de costo mensual de mano de obra	66
XX.	Determinación de costo de fabricación	67
XXI.	Costos fijos	68
XXII.	Costo total	68
XXIII.	Punto de equilibrio	70
XXIV.	Contribución en el ingreso	72
XXV.	Flujo proyectado	75

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentaje
US\$	Dólar estadounidense
Q.	Quetzales
TIR	Tasa interna de retorno
VAN	Valor actual neto
	Demora
	Almacenaje
	Ingreso de materiales
	Operación
	Inspección - Operación

GLOSARIO

Aglomerante	Tiene por objeto unir los granos abrasivos entre sí, formando un cuerpo compacto. Distinguimos dos tipos fundamentales: aglomerantes inorgánicos (vitrificados o cerámicos), aglomerantes orgánicos (resina).
Aluminio	Es un metal trivalente, de peso muy ligero y de color plateado blancuzco. Su símbolo es Al, su densidad de 2.7; su peso atómico 26.98; punto de fusión 659.7 °C, calor específico a 20 °C, o 22, es el más abundante en la corteza terrestre, en cuya composición alcanza el ocho por ciento y en la que se presenta principalmente como elemento integrante principalmente de arcillas y rocas.
Aleación	Es la acción de mezclar dos o más metales por medio de la fundición.
Análisis del punto de equilibrio	Es una técnica útil para estudiar las relaciones, los costos fijos, los costos variables y los beneficios (o ingresos totales). Si los costos de una empresa sólo fueran variables, no existiría problema para calcular el punto de equilibrio.
Arena	Conjunto de partículas sueltas de piedra o metal.

Costos fijos	Son aquellos cuya magnitud no depende del volumen total de producción ni del nivel de utilización de un determinado proceso o servicio.
Costos variables	Costos que fluctúan en forma directa con un cambio en el volumen de la producción. Como ejemplo las materias primas y la mano de obra directa de fabricación.
Costos totales	Es la suma de los costos fijos y los costos variables, y resultan asociados con un volumen específico de producción o de utilización del proceso o servicio.
Densidad	Es una característica de cada sustancia, se define como el cociente entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa. La densidad de un cuerpo está relacionada con su flotabilidad, es decir, una sustancia flotará sobre otra si su densidad es menor.
Fluidez	Es la propiedad de un metal fundido de correr fácilmente hacia el molde y llenar por completo la cavidad, reproduciendo con exactitud los detalles más finos.
Fundición	Es el proceso por medio del cual se obtiene una forma determinada al verter un metal en forma líquida, dentro de una cavidad previamente preparada o molde.

Fusibilidad	Es la propiedad del metal para fundirse fácilmente a una temperatura relativamente baja.
Molde	Es una pieza hueca que da su forma al material fundido que se coloca en ella.
Patrón	Es un modelo especialmente hecho de un componente que va a ser producido.
Punto de equilibrio	Es el nivel de producción en el que los beneficios por ventas son exactamente iguales a la suma de los costos fijos y los variables.
Tasa de descuento	Es la referencia que se utiliza para evaluar un proyecto, también se le conoce como tasa de corte. Es la tasa mínima fijada como aceptable.
Temple	Punto de elasticidad o dureza que se le ha dado a un metal, cristal, etc.

RESUMEN

El presente trabajo ha sido desarrollado en varios capítulos, los cuales se describen a continuación:

En el capítulo uno se desarrollan los antecedentes del uso del aluminio como materia prima, los tipos de moldes más utilizados, los tipos de arena y sus componentes. Además, se ha tomado en consideración el aspecto ecológico tan importante en el proceso del reciclado de los desechos de aluminio que son resultado de la producción de piezas para uso industrial.

En el capítulo dos se determina la situación actual del proceso de producción artesanal, las vías de recolección de desechos de aluminio, un inventario del equipo y maquinaria utilizados, así como el personal que labora en el proceso.

En el capítulo tres se propone un modelo mediante un análisis profundo del proceso de producción, tamaño y localización de la planta, maquinaria y equipo adecuado, y la determinación de la inversión, para un proyecto de este tipo.

En el capítulo cuatro se establecen los costos de producción, tomando como base las ventas actuales y la inversión a realizar, determinando el punto de equilibrio. Además se realiza una evaluación financiera por medio de la tasa interna de retorno y el valor actual neto.

En el capítulo cinco se realiza un seguimiento de la instalación y distribución de la planta, así como la capacitación del personal.

INTRODUCCIÓN

Debido al alto interés que existe actualmente, con relación a la conservación del medio ambiente. Guatemala se ha convertido en uno de los principales países de interés para este tema.

Nuestro medio ambiente se ha tornado en una situación alarmante ya que el abuso en la utilización de los recursos naturales y no naturales, ha causado daños irreparables. Por esta misma preocupación se han conformado varias organizaciones con el fin de restaurar, proteger y conservar lo que aún nos queda.

Muchos países han invertido en tecnologías de reciclaje para el futuro. Un ejemplo se puede observar en Centroamérica, donde altos funcionarios del Environmental Enterprise Assistance Fund, el Banco Interamericano de Desarrollo y el Gobierno Suizo establecieron la Cooperación Financiera Ambiental, que es un fondo de inversiones que apoya a pequeñas empresas privadas de la región cuyos proyectos benefician el medio ambiente. La inversión es de casi cinco millones de dólares estadounidenses.

Algunas de las empresas que obtendrán beneficios de este fondo son las que se dedican a energía renovable, eficiencia de energía, tratamiento de aguas, reducción de la contaminación, agricultura y selvicultura sostenible, reciclaje y ecoturismo.

En la actualidad, la utilización de métodos de producción a través de productos reciclados ha sido de mucha ayuda para la conservación del medio ambiente.

Tal es el caso del reproceso de bolsas de polietileno para producir tubería negra (poliducto), la creación de centros de acopio de material plástico para producir tinajas, guacales y el relacionado con el reciclaje de desechos de aluminio.

Esto nos lleva a buscar que para evitar la contaminación producida por los desechos de productos fabricados de aluminio es viable el reciclaje de éste a través de latas de aluminio, blocks de motores de motocicletas, perfiles de aluminio, sobrantes, etc.

Esta actividad se encuentra actualmente en un pequeño grupo de artesanos guatemaltecos, que no tienen mayores conocimientos de técnicas de producción, medio ambiente, rentabilidad y productividad.

El proyecto resulta rentable debido a la aplicación de técnicas de producción, dando como resultado una tasa interna de retorno muy atractiva. Lo que lo hace interesante para el inversionista.

OBJETIVOS

General

Desarrollar una propuesta para el mejoramiento en el proceso de producción del reciclado de productos de aluminio y hacerlo financieramente viable.

Específicos

1. Realizar un análisis comparativo del proceso actual versus el modelo propuesto.
2. Determinar e identificar las fuentes de suministros de desechos de aluminio.
3. Demostrar las ventajas del reciclaje de aluminio versus su tiempo de degradación debido al efecto de la naturaleza.
4. Evaluar financieramente la viabilidad de la implementación de un proyecto de este tipo.

1. ANTECEDENTES

1.1 El aluminio como materia prima

Durante muchos años y a raíz del crecimiento del mercado a través de la globalización, se han generado nuevos procedimientos y nuevas técnicas que permiten que las empresas que se han involucrado dentro de la vorágine comercial, tomen medidas que son necesarias para ser más competitivos y generar estrategias que le permitan mantenerse dentro de la carrera global. Es así como la utilización de los productos que pueden reciclarse debido a su composición, ha permitido a los productores agenciarse de materiales que cumplen con el requerimiento de materia prima a un mejor precio y que, como producto terminado, cumple con su objetivo último de satisfacer una necesidad.

Las medidas de conservación del ambiente y todas las acciones que los gobiernos han tomado han volcado su esfuerzo hacia la producción con utilización de productos provenientes del reciclaje. Es así como grandes industrias como Vigua, Sacos Agroindustriales, Extrudoplast, etc. utilizan material de reciclaje como agregado a sus materias primas logrando abaratar sus costos de producción y mantener la calidad de sus productos.

Dentro de esta gran gama de productos factibles de reciclar, se encuentra el aluminio.

De peso ligero, el aluminio es un metal fuerte que no se oxida. Sus restos adquieren gran valor y pueden reciclarse repetidamente sin pérdida

de calidad. A finales de 1990, la producción de aluminio en los países industrializados alcanzó el récord de 39.650 toneladas al día. La materia prima es el mineral de bauxita procedente de Brasil (2.800 millones de toneladas), Guinea (2600 millones de toneladas), Jamaica (2000 millones de toneladas) y la India (1000 millones de toneladas). Cerca de tres billones de toneladas de las reservas mundiales de bauxita se encuentran en países en vías de desarrollo. Para elaborar tres toneladas de alúmina, el óxido de aluminio, se necesitan cuatro de bauxita. Cuando se reduce a aluminio puro, la producción final es una tonelada. Es este proceso de reducción el que provoca que se gaste tanta energía durante la producción de aluminio.

Cada año se utilizan 22 millones de toneladas de aluminio. Es fundamental reciclar cada vez más aluminio; su producción destruye el medio ambiente. La extracción de mineral de bauxita deja un rastro de fango rojo. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) se ha visto obligado a dictar normas para que los fabricantes de aluminio limpien las tierras que contaminan. El reciclaje ahorra el 95% de la energía original que se gasta en la conversión de la bauxita en aluminio.

El aluminio es un metal trivalente, de peso muy ligero, y de color plateado blancuzco, su símbolo es Al, su densidad de 2.7; su peso atómico 26.98; punto de fusión 659.7 °C, calor específico a 20 °C, 0.22, es el más abundante en la corteza terrestre, en cuya composición alcanza el ocho por ciento y en la que presenta principalmente como elemento integrante de arcillas y rocas.

La densidad del aluminio es como una tercera parte de la del acero o de las aleaciones al cobre. Además, tiene una buena maleabilidad y

formabilidad, alta resistencia a la corrosión y gran conductividad eléctrica y térmica.

El aluminio no es tóxico, ni magnético y no produce chispa. Su característica no magnética lo hace útil para diversos fines de protección eléctrica, como cajas, barras conductoras o cubiertas para equipo eléctrico.

Debido a que la conductividad eléctrica del aluminio de la clase conductor eléctrico (EC) es como del 62% que la del cobre, su peso ligero lo hace mucho más apropiado como conductor eléctrico para muchas aplicaciones industriales.

Su resistencia a la corrosión es buena y el metal es seguro. Se usa para envasar alimentos y bebidas. Su resistencia a la corrosión se debe a la protección proporcionada por la delgada película de óxido de aluminio que lo recubre.

Una de las características más importantes del aluminio es su maquinabilidad y su capacidad de trabajo; se puede fundir mediante cualquier método conocido, laminado a cualquier espesor deseado, estampado, estirado, enrolado, forjado y extruido a casi cualquier forma imaginable.

Se ha utilizado ampliamente en la fabricación de utensilios de cocina, construcción, equipo de manejo, agentes químicos, y actualmente la industria automotriz está considerando su utilización.

Actualmente, gran parte del aluminio disponible entra en aleaciones con otros metales para ofrecer cualidades especiales como resistencia y dureza, que no se encuentran en este metal en una forma pura. El aluminio es el único metal común que no puede ser unido con soldadura suave de plomo y estaño. Existen soldaduras especiales para aluminio pero es

preferible, por lo general, diseñar las construcciones de aluminio con remaches u otros métodos de unión, en lugar de utilizar soldadura.

La designación del aluminio forjado y de las aleaciones forjadas al aluminio fue estandarizada por The Aluminum Association en 1954, lo cual consta de un sistema de numeración de cuatro dígitos:

- a.- El primero indica el grupo de aleación.
- b.- El segundo dígito indica modificaciones de la aleación original o de límites de impurezas.
- c.- El tercero y cuarto dígitos identifican la aleación de aluminio o indican la pureza del aluminio.

Tabla I. Designación para los grupos de aleación

Grupo de aleaciones de aluminio según el elemento de aleación principal

Aleación	Número de asociación de aluminio
Aluminio 99.00% mínimo de pureza	1xxx
Cobre	2xxx
Silicio	4xxx
Magnesio	5xxx
Magnesio y Silicio	6xxx
Zinc	7xxx
Otros elementos	8xxx
Seriales no usados	9xxx

Fuente: The Aluminum Association

Existe también la designación de temple, ésta sigue a la de aleación y se encuentra separada por un guión. The Aluminum Association Temper Designation System, adoptada en 1948, se utiliza para el aluminio y aleaciones de aluminio forjadas y fundidas. Se basa en las secuencias de los tratamientos básicos utilizados para producir diversos temple. El sistema estándar de designación de temple consta de una letra que indica el temple básico. Excepto para los temple en condición de recocido y aquellos en condición de fabricado sin tratamiento térmico, se define más específicamente por la adición de uno o más dígitos.

Hay cuatro temple básicos:

- 1.- F condición de fabricado;
- 2.- O, recocido;
- 3.- H, endurecido por deformación y
- 4.- T, tratado térmicamente.

Tabla II. Temple básicos y su aplicación

Temple básico	Descripción	Aplicación	Observaciones
F	Condición de fabricado	A productos que adquieren algún temple como resultado de las operaciones de manufactura	No hay garantía de propiedades mecánicas.
O	Recocido, recristalizado	En productos de aleación forjados	Es el temple más suave
H	Endurecido por deformación	A productos susceptibles de incrementar propiedades mecánicas mediante un trabajo en frío	

Fuente: The Aluminum Association

Continuación Tabla II. Temples básicos y su aplicación

T	Tratado térmicamente	A productos tratados térmicamente con o sin endurecimiento por deformación suplementario.	Produce temples estables
W	Tratado térmicamente en solución	Se aplica sólo a aleaciones que envejecen espontáneamente a temperatura ambiente después del tratamiento térmico en solución	Debido al envejecimiento natural, esta designación es específica sólo cuando se indica el período de envejecimiento, 2024-W(1/2hr)

-H: Endurecido por deformación. Se aplica a productos susceptibles de incrementar sus propiedades mecánicas mediante un trabajo en frío solamente. La -H siempre es seguida por dos o más dígitos. El primero indica la combinación específica de las operaciones básicas como sigue:

-H1: Endurecido por deformación solamente. El segundo dígito designa la cantidad de trabajo en frío realizada, cuyo número 8 representa la condición de dureza total; por tanto, una dureza media es -H14, una dureza de un cuarto es -H12, etc. Los temples extraduros se designan con el 9. Un tercer dígito es emplea a menudo para indicar el grado de control del temple o para identificar un conjunto específico de propiedades mecánicas.

-H2: Templado por deformación y luego recocido parcialmente. Se aplica a productos trabajados en frío para obtener un temple más duro y luego, mediante recocido parcial, se les reduce la resistencia al nivel deseado. La cantidad residual de trabajo en frío se designa mediante el mismo método que los de la serie -H1.

-H3: Endurecido por deformación y luego estabilizado. Se aplica sólo a aleaciones que contienen magnesio a las cuales se da un calentamiento a baja temperatura par estabilizar sus propiedades. El grado de endurecimiento por deformación remanente, después del tratamiento de estabilización, se indica en la forma usual por uno o más dígitos.

-W: Tratados térmicamente en solución. Es un temple inestable que se aplica sólo a aleaciones que envejecen espontáneamente a temperatura ambiente después del tratamiento térmico en solución. Debido al envejecimiento natural, esta designación es específica sólo cuando se indica el periodo de envejecimiento; por ejemplo, 2024-W(1/2 hr).

-T: Tratado térmicamente. Se aplica a productos tratados térmicamente, con o sin endurecimiento por deformación suplementario, para producir temple estables. La -T sigue de los números 2 al 10, designando una combinación específica de operaciones básicas. Las variaciones deliberadas de las condiciones, que dan lugar a características significativamente distintas para el producto, se indican añadiendo uno o más dígitos a la designación básica:

-T2: Recocido (sólo productos fundidos).

-T3: Tratados térmicamente a solución y luego trabajada en frío.

-T4: Tratados térmicamente a solución y envejecida en forma natural hasta una condición sustancialmente estable.

-T5: Sólo envejecido artificial. Se aplica a productos envejecidos artificialmente después de un proceso de fabricación a alta

temperatura, seguido por enfriamiento rápido, tal como fundición o extrusión.

-T6: Tratados térmicamente y en solución luego envejecida artificialmente.

-T7: Tratados térmicamente y en solución luego estabilizada: se aplica a productos en que las condiciones de temperatura y tiempo para estabilización son tales que la aleación se lleva más allá del punto de dureza máxima, proporcionando control de crecimiento y/o esfuerzo residuales.

-T8: Tratados térmicamente, en solución trabajo en frío y luego envejecida en forma artificial.

-T9: Tratados térmicamente en solución, envejecida artificialmente y luego trabajo en frío.

-T10: Envejecida artificialmente y luego trabajada en frío, lo mismo que en -T5, pero seguida por trabajo en frío a fin de mejorar la resistencia.

Tabla III. Tipos de aleación y sus productos

Tipos de aleación	Productos
2014	Piezas forjadas, soportadas para trabajo
2017	Pesado, estructuras de camión. Remaches en la construcción de aviones.
2024	Estructura para aviones, remaches, ferretería, ruedas para camión, productos de máquina para hacer tornillos.
2218	Se ha diseñado para aplicaciones que implican altas temperaturas, cabezas de cilindro y pistones forjados.
3003	Utensilios, el equipo de manejo y almacenamiento de alimentos y sustancias químicas, los tanques para gasolina y aceite, los recipientes para altas presiones y la tubería.
4032	Pistones forjados para automóvil
4043	Piezas fundidas complicadas, equipo para manejo de alimentos y accesorios marinos.
5005	Piezas extruidas con fines arquitectónicos.
5050	Tubería y conductos de combustible y aceite para automóvil.
5051	Tubería y conductos de combustible y aceite para avión.
5056	Rejillas para insectos, cubiertas para cables y remaches para emplearlos con aleación de magnesio.
5083	Para aplicaciones marinas y estructuras soldadas.
6063	Mallas de refuerzo en pistas de aterrizaje para aviones, canoas, muebles, tubería para puentes y aplicaciones arquitectónicas.
7075	Accesorios para avión, cubiertas para torres y equipo de radio.

Fuente: The Aluminum Association

También podemos encontrar entre los compuestos del aluminio aquellos que revisten mayor importancia comercial como lo son el óxido del aluminio y el sulfato de aluminio.

- a) El acetato de aluminio

Representación química: $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_3$,

Usos: se emplea en grandes cantidades de catalizador para la elaboración de muchos productos químicos orgánicos y como mordiente en colorantes. Interviene también en la composición de materiales refractarios e impermeables.

- b) El borato de aluminio 2ª 122°

Representación química: $3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$,

Usos: se utiliza para la fabricación de determinados tipos de vidrio y esmalte de alfarería.

- c) El citrato de aluminio

Representación química: $\text{AlC}_6\text{H}_5\text{O}_7$

Usos: es usado por los fabricantes de artículos de perfumería como elemento esencial en la fabricación de desodorantes para esta misma finalidad se utilizan otros compuestos de aluminio como el cloruro y el sulfato.

d) El cloruro de aluminio

Representación química: Cl_3Al

Usos: se emplea en uno de los procesos de la elaboración de la gasolina y en la preparación de numerosos compuestos orgánicos.

e) El hidróxido de aluminio

Representación química: $\text{Al}_18(\text{OH})_3$

Usos: es una sustancia blanca gelatinosa que se obtiene por precipitación tratando una solución de sal alumínica con hidróxido amónico.

1.2 Los tipos de fundición

La fundición es el proceso por medio del cual se obtiene una forma determinada al verter un metal en forma líquida, dentro de una cavidad previamente preparada o molde.

Las primeras referencias que se tiene sobre la fundición data de 4,000 años A.C., siendo uno de los campos más importantes en la metalurgia, y es uno de los trabajos sumamente básicos dentro de la industria, muchos de los productos usados en la industria y aun en el ambiente familiar son fundidos; tal es el caso de perillas, picaportes, accesorios para tuberías de agua potable, trapiches para moler caña, despulpadores de café, muchas partes de automóviles y otros vehículos.

La fundición lleva consigo varias ventajas definidas: pueden fabricarse formas intrincadas de casi cualquier tamaño, y con secciones

delgadas si es necesario, a partir de cualquier material que pueda fundirse, y distribuyéndolo donde la mayor resistencia a los esfuerzos lo requiera, sin desarrollar propiedades direccionales.

Los metales que más a menudo se funden son el hierro, el acero, el aluminio, el latón, el bronce, el magnesio y algunas aleaciones de cinc.

En Guatemala se utilizan desechos (chatarra) de hierro, de aluminio y de bronce, por razones obvias de la no explotación nacional de estos minerales.

Usando fundentes especiales según se trate de desechos de hierro, de bronce o de aluminio, se puede mejorar grandemente el acabado de las piezas así fundidas.

El calor necesario para fundir el hierro y el acero es mucho mayor del que se puede lograr en una herrería. El extremo de una barra puede ser fundido si se calienta lo suficiente, pero lo que requerimos es el calor suficiente para fundir cierta cantidad de metal en un recipiente y conservarlo en un estado líquido que permita su vaciado. Esta limitación restringe el vaciado que puede llevarse a cabo en un taller pequeño al uso de metales y aleaciones de bajo punto de fusión. El plomo es el metal de uso común con el más bajo punto de fusión, el aluminio tiene su punto de fusión casi al doble que el del plomo, pero todavía puede alcanzarse con una fragua de herrero, y el caso del hierro y acero que es casi cinco veces mayor su punto de fusión que el del plomo.

Tabla IV. Puntos de fusión

Metal	Grados Celcius (°C)
Plomo	327
Zinc	419
Antimonio	630
Aluminio	660
Latón	900
Hierro	1520

Fuente: The Aluminum Association

Aun cuando la mayoría de los metales y sus aleaciones pueden fundirse con varios grados de éxito, son deseables las propiedades de fluidez, fusibilidad, cuando se trata de piezas de fundición complicadas.

Fluidez: es la propiedad de un metal fundido para correr fácilmente hacia el molde y llenar por completo la cavidad, reproduciendo con exactitud los detalles más finos.

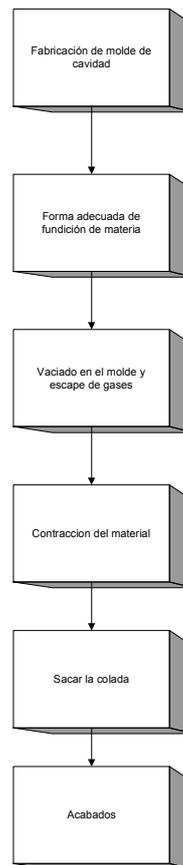
Fusibilidad: es la propiedad del metal para fundirse fácilmente a una temperatura relativamente baja. Las temperaturas de fundición bajas se traducen en economía de combustible y en bajo mantenimiento de los hornos. Las temperaturas bajas reducen la tendencia de producir en el molde, vapor y gases con los problemas consiguientes de los respiraderos y la porosidad.

La mayor parte de los metales y aleaciones se encogen al enfriarse, y esto debe tenerse en cuenta al hacer el vaciado.

Se han desarrollado muchos tipos diferentes de la fundición. Sin embargo, en todos se encuentran los mismos problemas y requerimientos básicos, que son:

Figura 1. Diagrama de problemas y requerimientos básicos en la fundición

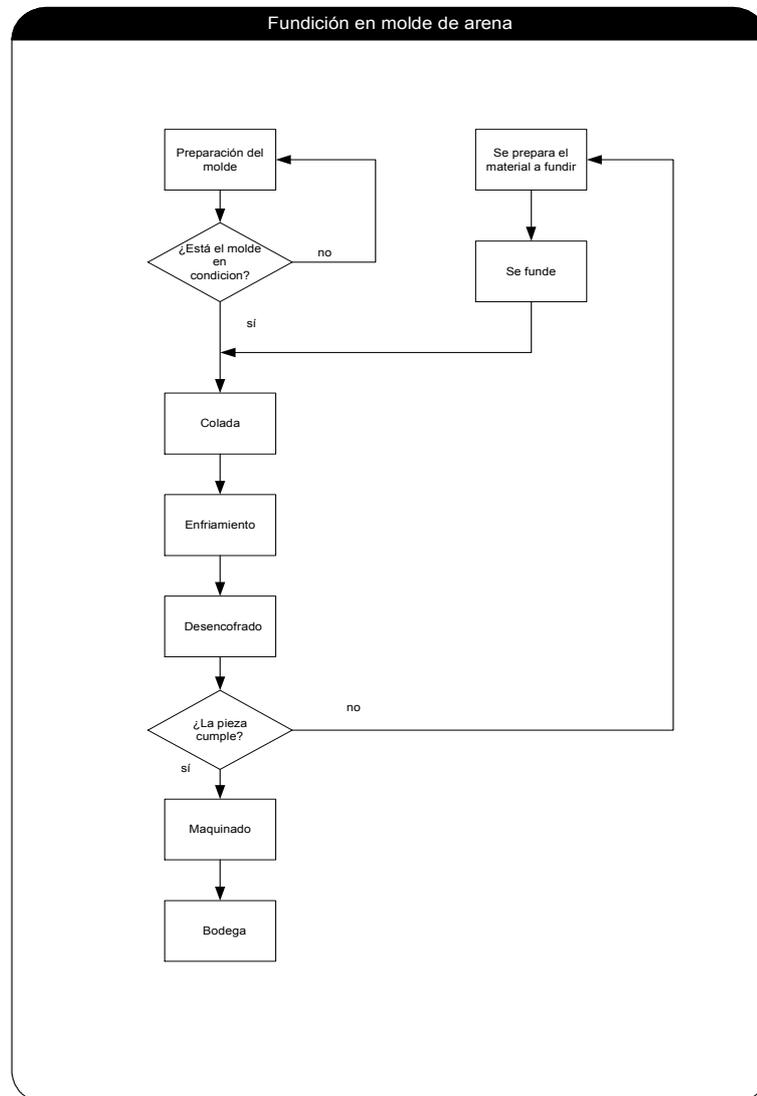
PROBLEMAS Y REQUERIMIENTOS BÁSICOS EN LA FUNDICIÓN



1.2.1 Fundición de arenas

Se usa la arena como material del molde, que tiene la forma deseada de la pieza a colar, debido a que las pequeñas partículas de arena se pueden aglomerar en secciones delgadas y pueden usarse en grandes cantidades. Pueden fabricarse productos en un amplia gama de tamaño y formas con este método. En este tipo de fundición se debe preparar un molde nuevo para cada colada. Por lo general, en la fundición de arena se vierte la colada dentro del molde por gravedad.

Figura 2. Diagrama de fundición en molde de arena



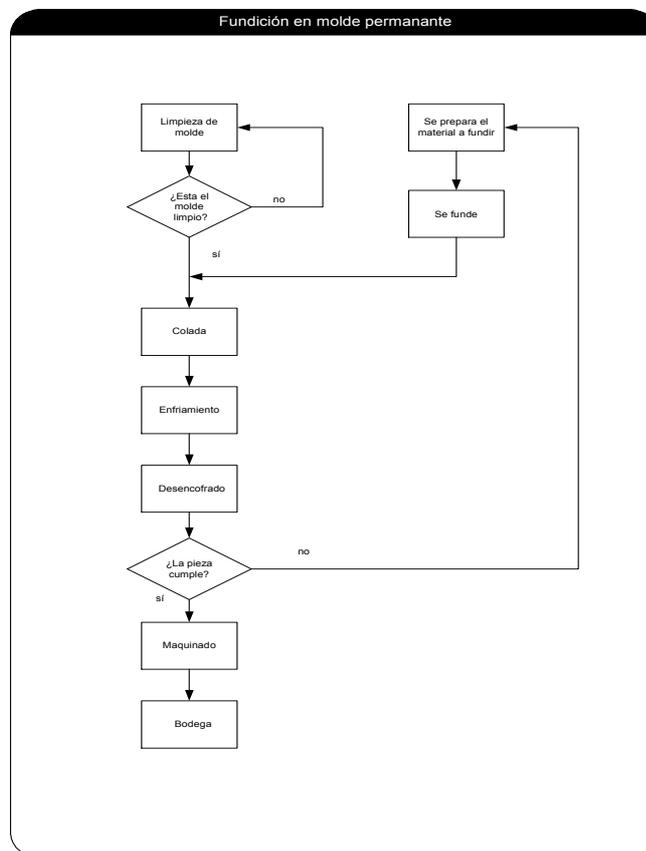
1.2.2 Fundición en molde permanente

En este tipo de fundición, el material fluye usualmente por gravedad en un molde permanente. Los moldes se hacen comúnmente de fundición de hierro o acero de grano fino, en dos mitades con bisagras abriéndose como un libro, o montadas en una máquina especial que las abre y las cierra con movimiento lineal. La mayoría de las piezas fabricadas por este tipo, se hacen con aleaciones de a base de aluminio, magnesio o cobre, también de

fundición de hierro. El mismo molde puede utilizarse varias veces para producir una gran cantidad de piezas.

Como consecuencia de que un molde de metal rígido ofrece gran resistencia a la contracción de la fundición, sólo se pueden colar formas relativamente simples.

Figura 3. Diagrama de fundición en molde permanente



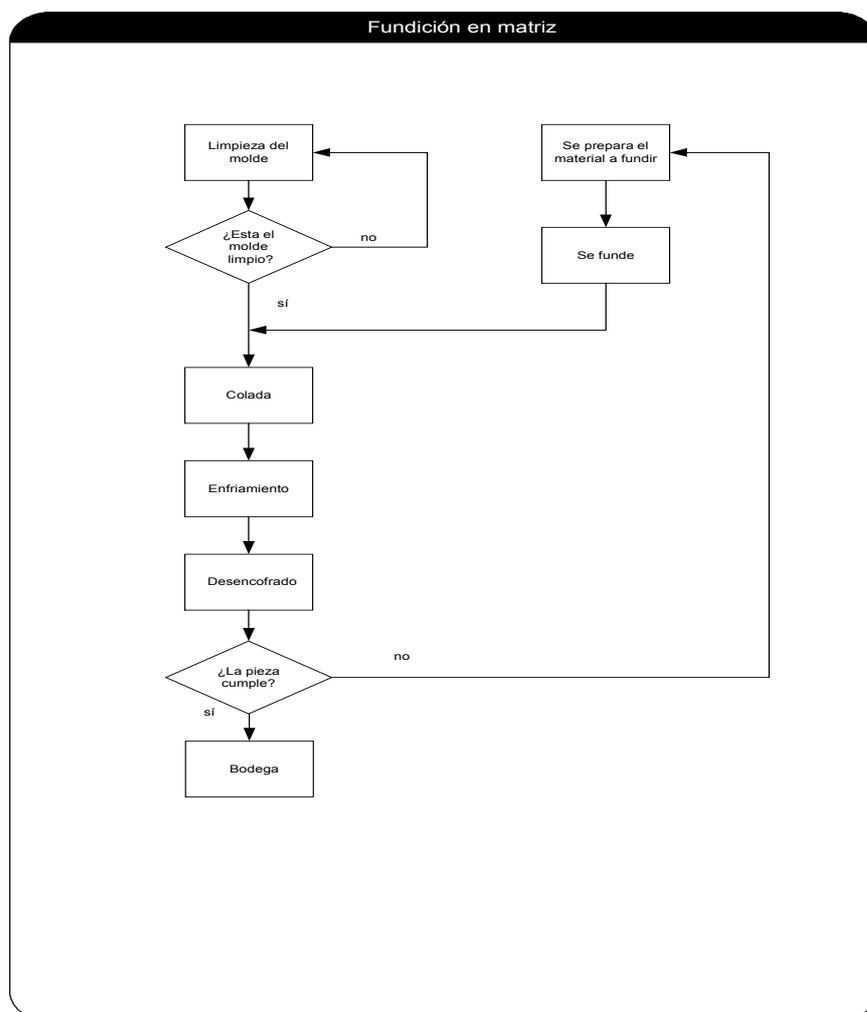
1.2.3 Fundición en matriz

En este tipo se usa también un molde permanente, se diferencia del anterior, en que, primero: se usan sólo materiales no ferrosos, y segundo, el metal es forzado dentro del molde a presión y ésta se mantiene durante la

solidificación. Debido a estas características podemos obtener una vida útil más larga de los moldes.

Las matrices de fundición se hacen generalmente de aleación de acero, por lo que son muy costosas. Es un tipo adecuado de fundición cuando se fabrican grandes cantidades de piezas, contando además con las ventajas de obtener excelentes propiedades de superficie que no requieren ningún maquinado y la exactitud que se puede obtener en las dimensiones.

Figura 4. Diagrama de fundición en matriz



1.2.4 Fundición por centrifugado

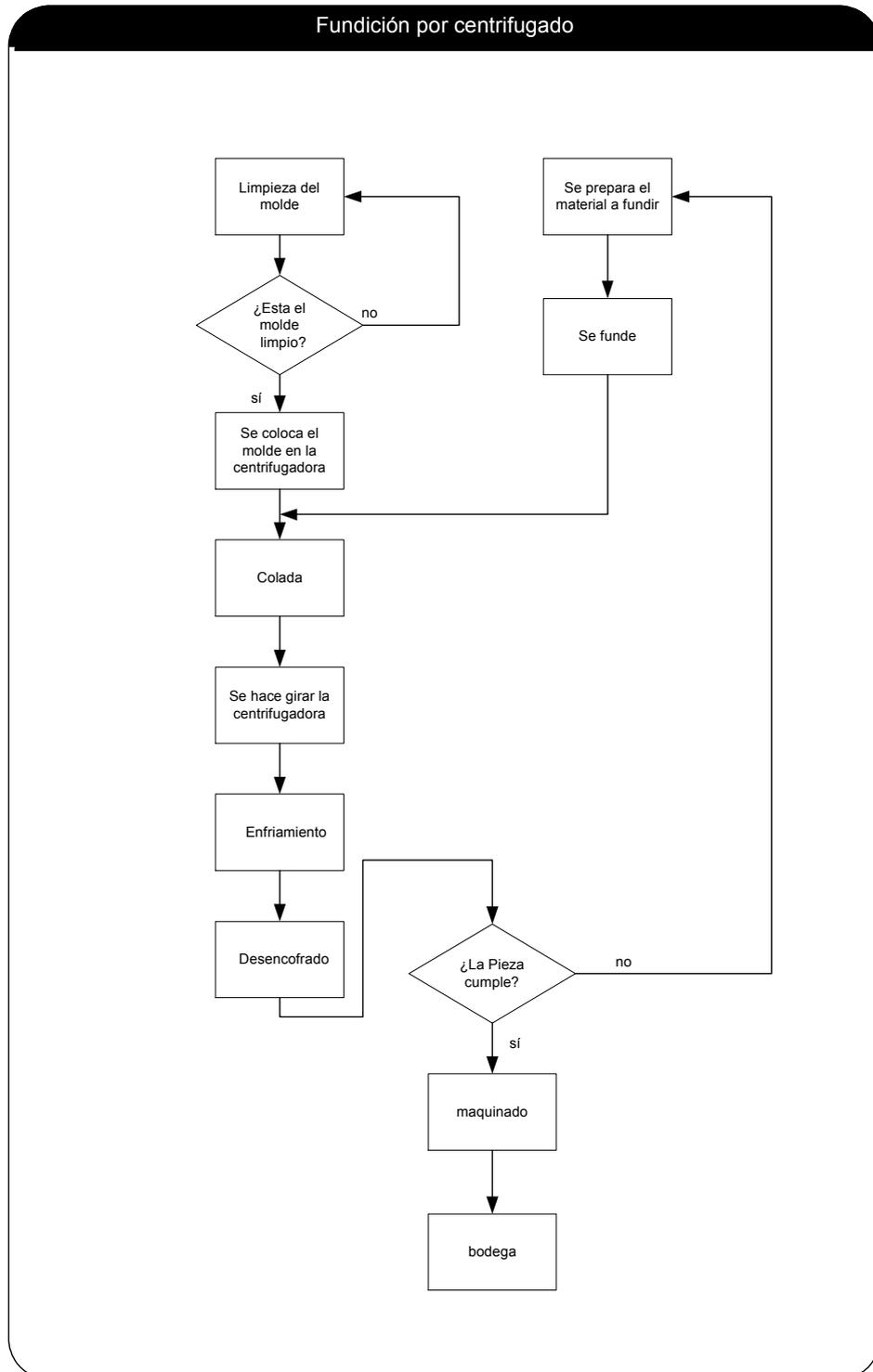
En esta se utiliza la fuerza centrífuga para introducir el metal fundido dentro del molde que puede ser de metal o de arena. La fuerza centrífuga se obtiene girando el molde alrededor de un eje vertical u horizontal, 300 y 3000 r.p.m. La operación es sencilla; al obtener el metal fundido, se vierte éste sobre el molde que está colocado sobre un mecanismo que procura la fuerza centrífuga, se pone el mecanismo a girar, forzando la colada contra las paredes del molde a gran presión, obteniéndose una estructura densa debido a que solidifica primero la superficie exterior, y todas las impurezas tienden a agruparse en la superficie interior, ya que son más livianas que el metal.

Pueden eliminarse dichas impurezas con un maquinado liviano, si es necesario. Este procedimiento se usa cuando la forma exterior de las piezas es redonda. En este tipo de fundición no se necesita molde ni núcleo para hacer la forma interior de la pieza fundida. Cuando se usa un eje horizontal, la superficie es siempre cilíndrica. Si se utiliza un eje vertical, la superficie interior es una sección de parábola, siendo la forma exacta, función de la velocidad de rotación.

Este tipo se usa en la producción masiva de tuberías y camisas de cilindros de motores de aviación. El equipo para este tipo de fundición es sencillo cuando el trabajo no es muy voluminoso, se pueden usar moldes de arena y la transmisión de un carro o camión.

También existe dentro de este tipo, el llamado “semicentrifugado”, que usa la fuerza centrífuga para hacer que el metal fluya desde un depósito alimentador central hacia uno o más moldes de arena que giran alrededor de su eje central.

Figura 5. Diagrama de fundición por centrifugado



1.2.5 Fundición por revestimiento

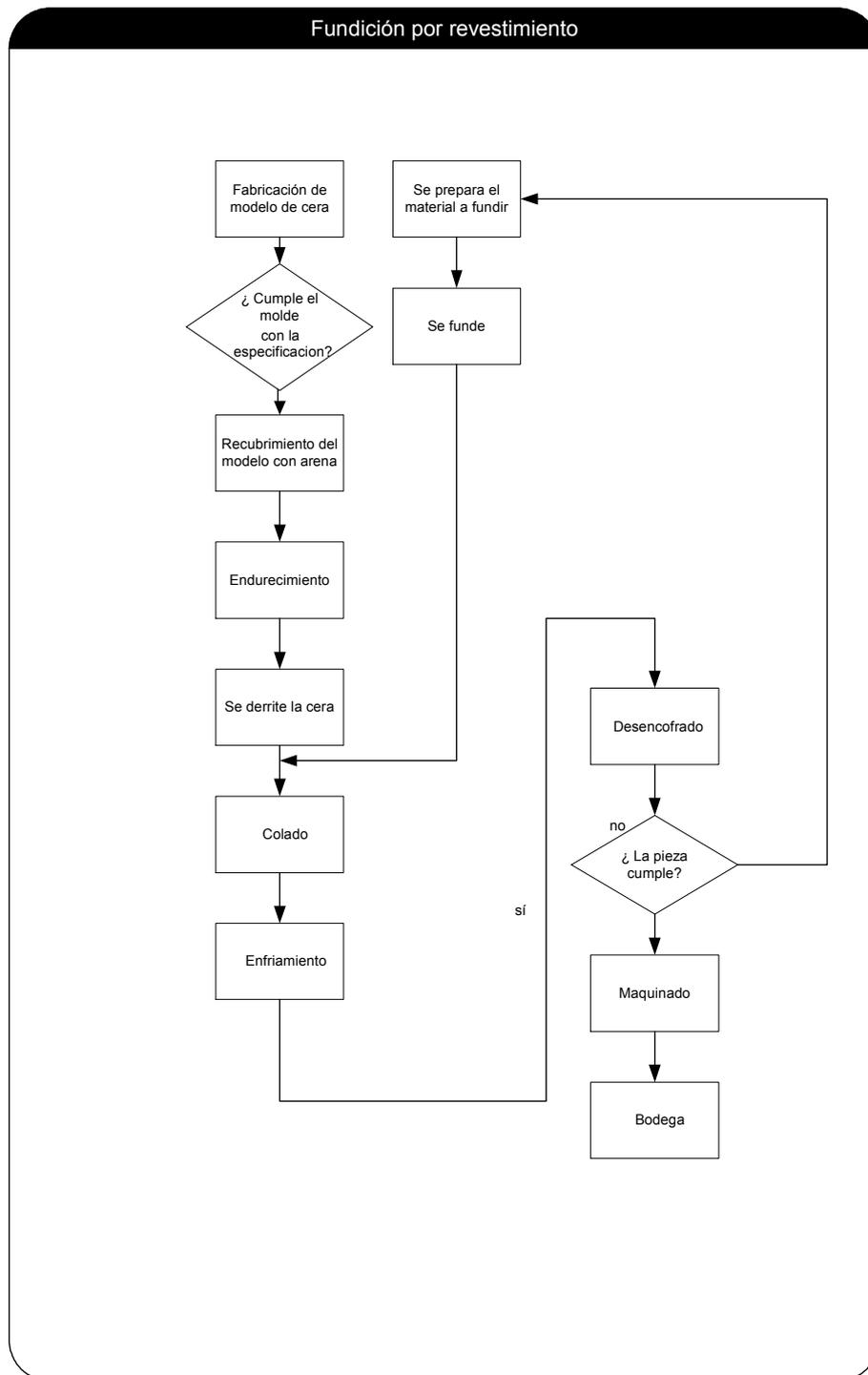
A este tipo también se le conoce como de la cera perdida. En él se utiliza un modelo de cera que se recubre luego con arena o algún polvo recubridor. Después que el revestimiento ha endurecido, la cera del modelo es derretida, dejando una cavidad en la cual se vierte el metal fundido.

Este tipo es usado para la fabricación de partes dentales, y en general todas aquellas piezas que requieran una gran precisión con materiales de no muy fácil maquinado.

En lugar de cera para el modelo se puede usar duroport, el cual se recubre con arena de fundición. Al momento de verter la colada sobre la caja de arena, el duroport con el calor del metal fundido se va derritiendo, dejándosele un canal para su salida, ocupando el metal el lugar del modelo.

Otra variación consiste en la utilización de un molde de yeso. Se aplica una capa de cera con un espesor uniforme, después se pone sobre la cera, la arena de fundición, al verter la colada, derrite la cera, ocupando su lugar al solidificar el metal, se rompe el modelo, dejando una pieza hueca.

Figura 6. Diagrama de fundición por revestimiento



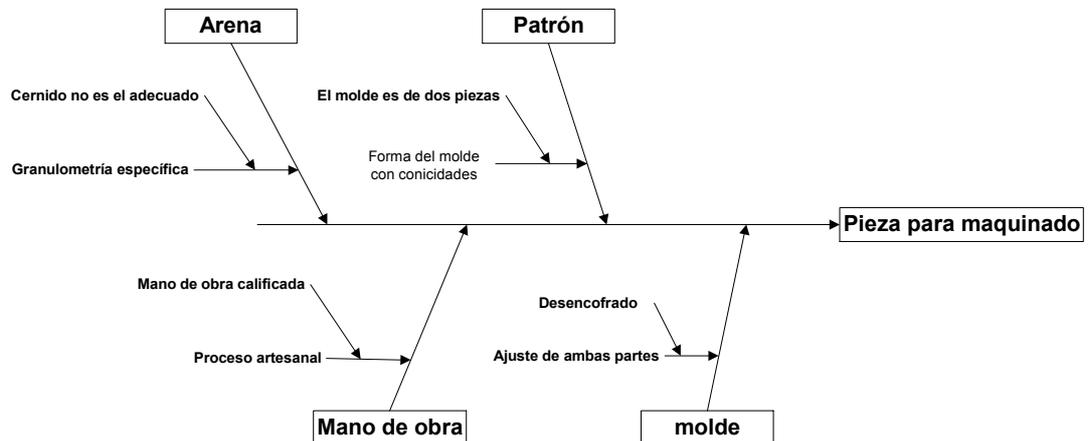
1.2.6 Procesos de fundición

1.2.6.1 Proceso de fundición de aluminio en arena de 1984 - 1997

Antecedentes:

El proceso de fundición en arena jugó un papel muy importante en la historia evolutiva de los métodos de fabricación industrial. Un molde previo (generalmente de madera), podía reutilizarse casi ilimitadamente para moldear en arena. Por el contrario, el proceso de "colado" representaba casi siempre un trabajo artesanal, y si el trabajador no acertaba con la cuchara tenía que volver a derretirse la pieza de fundición.

Figura 7. Diagrama de causa y efecto, fundición de arena



Las exigencias cada vez mayores respecto a los productos de alta calidad y, sobre todo uniformes, ha tenido como consecuencia la desaparición de pequeños talleres de fundición - inclusive los fundidores en arena que con sus elevados salarios se encontraban ya en una difícil situación económica.

1.2.6.2 Proceso de fundición de aluminio en coquilla desde 1997

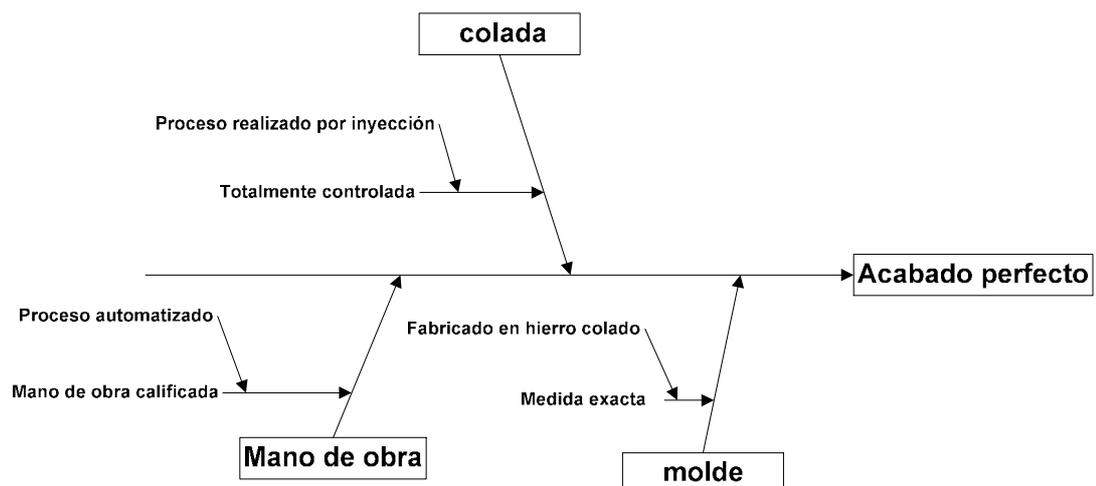
Antecedentes

En la actualidad, las piezas de aluminio se fabrican industrialmente en todo el mundo con el proceso de fundición en coquilla y es un estándar en la construcción de automóviles.

El proceso

El molde (coquilla) para la pieza de fundición se fabrica en hierro colado mediante un proceso mecánico o de erosión controlado por un control numérico computarizado. Ambas mitades del molde cercan un hueco que se rellena al vacío con aluminio líquido. El proceso de fundición es realizado mecánicamente y controlado por un programa.

Figura 8. Diagrama de causa y efecto, fundición en coquilla



1.3 Los tipos de moldes

Los moldes usados en la fundición en arena consisten de un material particularmente refractario (arena) aglomerado de tal manera que mantenga su forma durante la colada. El tipo más común de elaboración de moldes es con arena verde. Ésta normalmente está compuesta de arena, arcilla, material carbonoso y agua. La arena constituye el 85% a 95% de la mezcla de arena verde. Con frecuencia, la arena es sílice, pero también se usa olivino y circón. Aproximadamente 4 a 10% de la mezcla es arcilla.

La arcilla actúa como aglomerante, suministrando resistencia y plasticidad. Los materiales carbonosos pueden constituir hasta un 2 a 10% de la mezcla de arena verde. Éstos se añaden al molde para suministrar una atmósfera reductora y una película de gas durante la colada con el fin de evitar la oxidación del metal.

Algunos de los materiales más carbonosos incluyen el carbón de mar (un carbón bituminoso finamente molido) y productos de petróleo. Puede añadirse otros materiales carbonosos como cereal (molido con almidón) y celulosa (harina de madera) para controlar los defectos por la expansión de la arena. El agua activa la aglomeración de la arcilla y generalmente se le agrega en porcentajes pequeños (2 a 5%).

La arena del macho generalmente es sílice. También se usa olivino o circón cuando las especificaciones requieren arenas para macho con mayor punto de fusión o mayor densidad. Los materiales aglomerantes que mantienen unidos los granos de arena varían considerablemente en su composición y en sus propiedades de aglomeración. Son comunes los aglomerantes de aceite y los sintéticos.

Los aglomerantes de aceite son combinaciones de aceite vegetal o animal y petroquímicos. Los aglomerantes típicos de resina sintética incluyen resinas fenólicas, fenol-formaldehído, formaldehído de urea, formaldehído de urea/alcohol furfurílico, isocianato fenólico e isocianato alquídico.

Frecuentemente se usan aglomerantes de resinas químicas para los machos de fundición y en menor medida para moldes de fundición. Los aglomerantes químicos brindan una mayor productividad, un mejor control de las dimensiones y una mejor calidad de la superficie de la pieza fundida.

Existe una amplia variedad de aglomerantes, entre ellos:

- Aglomerantes sin cocción catalizados con ácido de furano. El alcohol furfurílico es el insumo básico. Los aglomerantes pueden ser modificados con urea, formaldehído o fenol. Los ácidos fosfórico o sulfónico se utilizan como catalizadores. El porcentaje de resina varía entre 0.9 y 2.0% en base al peso de la arena.

Los niveles de catalizadores ácidos varían entre 20 a 50% del peso del aglomerante.

- Aglomerantes sin cocción catalizados con ácido fenólico. Estos se forman en una reacción de condensación de fenol/formaldehído. Como catalizadores se utilizan ácidos sulfónicos fuertes.
- Aglomerantes fenólicos alcalinos sin cocción curados con éster. Se forman con un sistema de aglomerantes de dos partes consistente de una resina fenólica alcalina soluble en agua y co-reactantes de éster líquidos. Generalmente se utiliza 1.5 a 2.0% de aglomerante respecto al peso de la arena y 20 a 25% de co-reactante respecto a la resina

para revestir la arena de sílice lavada y secada en las operaciones de elaboración de machos y moldes.

- Aglomerantes sin cocción catalizados con éster/silicato. Se utiliza un aglomerante de silicato de sodio y un éster orgánico líquido (diacetato y triacetato de glicerol o diacetato de glicerol etilénico) que funciona como agente endurecedor. También se puede catalizar con CO₂.
- Resina sin cocción de uretano oleaginoso. Estas resinas consisten de una resina alquídica de tipo oleaginoso, un catalizador líquido de metal/amina y un disocianato metílico polimérico.
- Aglomerante sin cocción de uretano fenólico (PUN).
- Sistema poliol-isocianato (principalmente para fundiciones de aluminio, magnesio y otras aleaciones ligeras). Los aglomerantes no ferrosos son similares al sistema PUN que consisten de una Parte I (una resina de formaldehído fenólico disuelta en una mezcla especial de solventes), una Parte II (un isocianato polimérico de tipo MDI en solventes) y una Parte III (un catalizador de amina).
- Aglomerante sin cocción de fosfato de aluminio. Este aglomerante consiste de un aglomerante de fosfato de aluminio ácido, soluble en agua y un endurecedor de óxido metálico en polvo de flujo libre.
- Aglomerantes para moldes de cáscara. Se utilizan resinas Novolac de formaldehído fenólico y lubricante (estereato de calcio en la cantidad de 4 a 6% del peso de la resina) como agente de entrecruzamiento.

- Aglomerantes de caja caliente. Las resinas se clasifican como tipos furánico o fenólico. Las de tipo furánico contienen alcohol furfurílico, las de tipo fenólico se basan en fenol y las de tipo furánico modificado tiene ambas. Se utilizan catalizadores tanto de cloruro como de nitrato. Los aglomerantes contienen urea y formaldehído.
- Aglomerante de caja tibia. Consisten de una resina de alcohol furfurílico que ha sido formulada con un contenido de nitrógeno inferior al 2.5%. Como catalizadores se usan sales de cobre de ácidos sulfónicos aromáticos en una solución acuosa de metanol.

Las fundiciones de precisión con frecuencia usan el proceso de fundición a la cera perdida para hacer los moldes. En este proceso, los moldes se hacen construyendo una cáscara compuesta de capas alternativas de suspensiones refractarias y estucos, como sílice fundida, alrededor de un patrón de cera. Las cáscaras de cerámica se colocan al fuego para remover el patrón de cera y precalentar las cáscaras para la colada.

Otro proceso de elaboración de moldes en arena que está encontrando aceptación comercial utiliza un patrón de espuma de poliestireno embutido en arena tradicional suelta sin aglomerante. El patrón de espuma dejado en el molde de arena es descompuesto por el metal fundido, por lo tanto, el proceso es llamado “moldeo con patrón evaporante” o “proceso de espuma perdida”.

Tabla V. Tipos de aglomerantes

Aglomerantes	Insumos básicos	Utilización	Característica
Arcilla	Sílice	Evitar oxidación del metal	Suministra resistencia y plasticidad
Aceite	Aceite vegetal y/o animal, petroquímicos	Une los granos de arena	
Resina sintética	Resina fenólica	Cuando se requiere mayor punto de fusión	Mayor densidad
Arcilla	Cereal molido harina de madera	Controla los defectos por la expansión de la arena	
Químicos	Fenol/formaldehído	Mayor control de las dimensiones	Mayor productividad Mejor calidad de la superficie de la pieza fundida
Químico, sin cocción catalizado con ácido de furano	Alcohol furfúrico	Mayor control de las dimensiones	Mayor productividad Mejor calidad de la superficie de la pieza fundida
Químico, sin cocción catalizado con ácido fenólico	Fenol/formaldehído	Mayor control de las dimensiones	Mayor productividad Mejor calidad de la superficie de la pieza fundida
Químico, fenólico alcalino sin cocción curados con éster	Resina fenólica alcalina Core-actantes de éster líquidos	Revestir la arena de sílice lavada y secada	
Químico, sin cocción catalizados con éster/silicato	Silicato de sodio Ester orgánico líquido (diacetato de gliceril etilénico)	Agente endurecedor	
Resina sin cocción de uretano oleaginoso	Resina alquídica Catalizador líquido (metal/amina) Disocianato metílico polimérico		Mayor productividad Mejor calidad de la superficie de la pieza fundida
Resina sin cocción de uretano fenólico	Uretano fenólico		Mayor productividad Mejor calidad de la superficie de la pieza fundida
Poliol- isocianato	Resina formaldehído fenólico Isocianato polimérico (MDI) Catalizador amina		Mayor productividad Mejor calidad de la superficie de la pieza fundida
Químico, sin cocción de fosfato de aluminio	Fosfato de aluminio Oxido metálico Lubricante	Agente endurecedor	
Químico, para moldes de cáscara	Resina Novolac de formaldehído fenólico	Agente endurecedor	
Químico, de caja caliente	Resina furánica o fenólica Cromo Cloruro	Agente endurecedor	
Químico, de caja tibia	Resina de alcohol furfúrico Sales de cobre Ácidos sulfúricos aromáticos	Agente endurecedor	Mayor productividad

1.4 Los tipos de arenas

Una arena de moldeo consiste fundamentalmente en arena silícea, arcilla y agua. La sílice es el refractario fundamental de la tierra de moldeo, mientras que la arcilla y el agua forman el aglutinante que mantiene unidos los granos de sílice para que formen una masa plástica. Las características principales de estos granos son su forma, su tamaño y su granulometría (tamaño del grano); las del aglutinante se refieren a la naturaleza de la arcilla y al mecanismo por el que absorbe agua y aglutina los granos de sílice.

1.4.1 Arena o tierra de moldeo natural

Es aquella arena silícea que se encuentra en la naturaleza mezclada en proporción adecuada con arcilla de tipo especial.

1.4.2 Arenas sintéticas

Son tierras de moldeo que se preparan añadiendo arcilla, y a veces otros materiales aglutinantes, a arena de sílice lavada. Es evidente que ninguno de los componentes es sintético, porque la arena, la arcilla u otros aglutinantes son naturales. La palabra sintética se refiere sólo a que los componentes se mezclan en proporciones que no se encuentran en la naturaleza.

Tanto si la tierra de moldeo es natural o sintética, debe consistir en granos de sílice redondeados, con su tamaño de partículas poco variado y de modo que cada grano se halle envuelto por una capa delgada del aglutinante.

Puede disponerse de diferentes formas de granos. Para el moldeo suelen preferirse los granos redondeados, pero es frecuente que sea más

fácil encontrar granos ligeramente angulosos, llamados también subangulosos.

La selección de la arena de moldeo depende de varios factores y, en particular, del metal que ha de colarse, del tamaño de las piezas a moldear y de la calidad de la superficie que ha de alcanzarse.

La tierra empleada para metales del alto punto de fusión debe resistir temperaturas altas sin fundir sobre la superficie de la pieza moldeada. Las arenas para moldear acero se componen generalmente de arena silíceo aglutinada con bentonita, arcilla refractaria, aglutinantes cereales y agua. La bentonita es una arcilla compleja y uno de los más importantes constituyentes de las tierras de moldeo sintéticas. Suele usarse en proporciones del 3 % al 5%. La arcilla refractaria es relativamente resistente al calor y puede emplearse en proporciones de hasta el 8% del peso total de la mezcla. Las harinas cereales se añaden para mejorar la plasticidad y la resistencia en verde.

Las tierras para moldear la fundición gris no necesitan ser tan resistentes ni tan permeables como las empleadas para el acero. Se usan frecuentemente las tierras naturales, pero en piezas grandes conviene emplear una arena especial de revestimiento para formar las superficies internas del molde. Suele ser una mezcla de lago de arena ya usada con arena nueva, que aumenta la resistencia y la permeabilidad. Puede añadirse más arcilla para incrementar la resistencia, y carbón finamente pulverizado, lo que facilita la eliminación de la arena de la pieza terminada. La arena de revestimiento se coloca primero alrededor del modelo, en un espesor de 25 a 50 mm, luego se acaban de rellenar las cajas con arena usada.

En muchas funderías de latón y aluminio se usan tierras naturales, porque son suficientemente refractarias y sirven bien para estos metales. Es importante que tengan baja resistencia en caliente, porque si la tuviesen

excesiva se podrían romper las piezas moldeadas durante el enfriamiento, con la consiguiente contracción del metal.

1.5 Aspecto Ecológico

La gran cantidad de basura que se tira en Guatemala está creando serios problemas, sobre todo cuando se llega el momento de deshacernos de ella.

Si se quema, contamina el aire.

Si se entierra, contamina el suelo.

Y si se desecha, contamina el agua de los ríos, mares y lagos.

Día a día se consumen más productos que provocan la generación de más y más basura, y cada vez existen menos lugares donde colocarla. Para ayudar a la conservación de nuestro medio ambiente, podemos empezar por revisar nuestros hábitos de consumo.

Al comprar, se debe evitar los empaques excesivos y preferir los que están hechos de material reciclado (o reciclable), preguntar si realmente se necesita, después, si se puede reutilizar, o bien, reciclar.

Lo que se compra, come, cultiva, quema o tira, puede establecer la diferencia entre un futuro con un medio ambiente sano, o una destrucción de la naturaleza con rapidez asombrosa.

El aluminio es un metal que se obtiene de la tierra; es muy ligero y difícil de oxidar, producir latas con aluminio reciclado aminora la contaminación del aire (por ejemplo, los dióxidos sulfúricos, que producen la lluvia ácida) en un 95%. Producir reposaderas con aluminio reciclado también aminora la contaminación del aire.

Entonces podríamos decir que parte de la solución al problema de la contaminación sería reutilizar y reciclar la basura.

En el caso de las latas de refrescos, el mayor problema ambiental que presentan es la obtención de la materia prima: la bauxita, de la cual a través de un proceso industrial muy contaminante se obtiene el aluminio, principal componente de las latas. La obtención de bauxita está destrozando miles de kilómetros cuadrados de selva amazónica.

En el proceso de producción de una tonelada de aluminio se necesitan 15.000 kw/hora y se generan 5 toneladas de residuos minerales, emitiendo una gran cantidad de dióxido de azufre, fluoramina y vapores de alquitrán, siendo uno de los procesos industriales más contaminantes. El deficiente servicio de recogida selectiva de este material y la falta de información sobre su posible reciclado, además de todo el costoso proceso de fabricación hace muy poco recomendable el consumo de bebidas envasadas en latas.

1.6 Reciclar

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

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

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

Entonces nos preguntamos por qué reciclar, porque es un proceso simple que nos puede ayudar a resolver muchos de los problemas creados por la forma de vida moderna.

Se pueden salvar grandes cantidades de recursos naturales no renovables cuando en los procesos de producción se utilizan materiales reciclados. Los recursos renovables, como los árboles, también pueden ser salvados. La utilización de productos reciclados disminuye el consumo de energía. Cuando se consuman menos combustibles fósiles, se generará menos CO₂ (dióxido de carbono) y por lo tanto habrá menos lluvia ácida y se reducirá el efecto invernadero.

En el aspecto financiero, podemos decir que el reciclaje puede generar muchos empleos. Se necesita una gran fuerza laboral para recolectar los materiales aptos para el reciclaje y para su clasificación. Un buen proceso de reciclaje es capaz de generar ingresos.

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

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

Los problemas sociales relacionados con el reciclaje no se solucionan solamente con la educación. Las sociedades tienden a resistirse a los cambios. El ciclo tradicional de adquirir - consumir – desechar es muy difícil de romper. Reciclar en la oficina o en el hogar requiere de un esfuerzo extra para separar los materiales. Siempre será más fácil el hábito de arrojar todo hacia afuera.

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

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

1.6.1 Reciclaje artesanal

El reciclaje es un proceso industrial, artesanal o natural por el cual se produce un reprocesamiento de elementos orgánicos o inorgánicos. Implica destrucción y reconstrucción. En el caso de las latas de aluminio, por ejemplo, en vez de tirar el envase, éste se recupera y es convertido una y otra vez en lata sin perder su resistencia. Si el reciclaje no se realiza en la forma correcta desde el punto de vista técnico, ambiental y sanitario, su efecto puede ser negativo o poco eficaz.

2. SITUACIÓN ACTUAL

PROCESO DE PRODUCCIÓN ARTESANAL

El proceso de producción artesanal que es el caso de estudio, es un pequeño taller artesanal, ubicado en la aldea Aguacaliente, departamento del Progreso. El taller se dedica a la fabricación de reposaderas y de objetos decorativos, de aluminio reciclado.

El propietario, desarrolla el 90% de las tareas en el taller:

- Compra el material
- Selecciona material
- Prepara los moldes
- Prepara el horno
- Realiza la fundición
- Realiza la colada
- Tornea
- Acabados finales a las piezas
- Se encarga de los pedidos y la venta
- Se encarga de las entregas a los clientes

Esta forma de trabajo no le permite ser eficiente, tanto en la producción como en la comercialización de sus productos.

2.1 Uso de desechos de aluminio como materia prima

Latas de aluminio

El mercado de reciclaje de metales es aún incipiente, ya que no es muy alto su porcentaje en las basuras domésticas. De hecho, el único mercado segmento en crecimiento es la chatarra de aluminio, que puede ser recuperada en latas de conservas, tarros de alimentos, bebidas y cervezas enlatadas.

En Guatemala, muchas de las empresas llamadas “recicladoras” no hacen otra cosa más que compactar, en pacas de 200 libras, cierta cantidad de latas. Es decir, funcionan como centro de acopio, donde se reciben las latas vacías, se compactan y luego se exportan a los Estados Unidos.

Tabla VI. Procesos que generan desperdicios - fundición de metales

Proceso	Residuos
Elaboración de moldes y machos	Arena usada, Residuos de barrido y de los machos Polvos y lodos
Fusión	Polvo y humos Escoria
Colada	Fundición a la cera Cáscaras y ceras
Limpieza	Residuos de limpieza

Fuente: Elaboración propia

2.2 Productos artesanales

Artesanías en aluminio

Estos productos artesanales son totalmente pintados y decorados a mano.

Los paisajes y colores evocan flores y paisajes especialmente.

Todas nuestras artesanías están elaboradas con materiales de altísima calidad, durables y resistentes.

Las figuras artesanales de latón y aluminio denotan toda la experiencia de las manos artesanas, que toman elementos de la vida cotidiana para convertirlos en una expresión de arte y belleza.

Algunos de los principales productos son:

a) Regaderas

Esta pieza en latón usada anteriormente para regar las plantas y flores, es ahora decorada con diseños florales y paisajes con acabados en óleos y lacas. Los diseños pueden variar según el gusto del cliente.

b) Jarras

Artículos decorativos hechos en aluminio y que se convierten en una hermosa jarra decorativa en latón y acabados en óleo, perfectas para la decoración de mesa o cocina.

c) Canecas de leche o cantinas

Esta decorativa caneca, anteriormente usada para el transporte y conservación de leche, es elaborada en latón y terminada con hermosos diseños en óleo.

2.3 Descripción de las instalaciones, personal y equipo

2.3.1 Instalaciones

Las instalaciones están conformadas por una galera con techo de lámina y paredes de adobe.

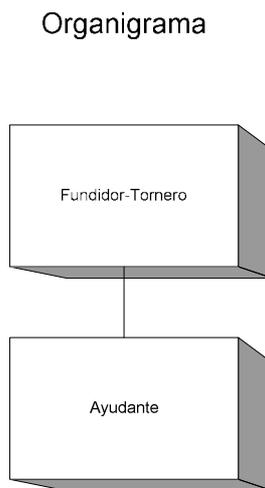
Es un edificio catalogado de tercera categoría, de acuerdo a la normativa de edificios industriales, cuya característica es una construcción de madera y lámina. De acuerdo a la operación de la planta, este tipo de edificio conlleva a posibles problemas con la intemperie, y la propia operación que utiliza material combustible, generando además una contaminación ambiental de tipo visual.

Una de las ventajas de una instalación de este tipo es que por no estar circulada totalmente por paredes, ventila el área de trabajo, ya que el calor generado por la fundición crea condiciones difíciles de manejar para una industria de este tipo y de este tamaño. La ventilación y la iluminación son naturales, haciendo de esta manera una muy baja inversión de gasto eléctrico de instalaciones de iluminación y ventilación.

2.3.2 Personal

El organigrama actual de la empresa es:

Figura 9. Organigrama



Trabajan en la actualidad dos personas, una de ellas que es la que se encarga de operar el torno en la parte del proceso que se necesita y en el momento de la fundición, y la otra que es su ayudante cuando se prepara el horno y los moldes.

No existe en la actualidad un control de personal, esto debido a que son solo dos operarios, y además porque que el fundidor-tornero es el propietario de este taller.

Ambos operarios se comparten un par de guantes de cuero y un mandil de cuero, que utilizan durante la fundición y en el momento de la colada.

2.3.3 Equipo

Se puede encontrar un inventario de equipo con bastante tiempo de uso, entre los que encontramos los siguientes:

1.- Balanza. Aparato que se utiliza para pesar, tiene una capacidad de 200 libras de peso.

Figura 10. Balanza



2.- Almádena. Útil compuesto de una cabeza de metal y un mango de madera, utilizado para golpear las piezas de metal.

Figura 11. Almádena



3.- Martillo de bola. Útil compuesto de una cabeza de metal y un mango de madera.

Figura 12. Martillo de bola



4.- Cincel. herramienta de acero alargada, terminada en bisel, que se emplea para labrar piedra o metal.

Figura 13. Cincel



5.- Horno para fusión. Es una bóveda para calentar a altas temperaturas.

Figura 14. Horno para fusión



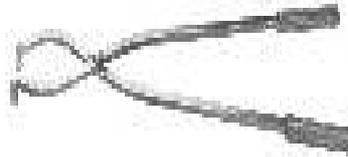
6.- Crisol grafitado. Recipiente para fundir metales.

Figura 15. Crisol grafitado



7.-Tenaza para crisol. Útil de metal de dos brazos movibles unidos por un eje o muelle.

Figura 16. Tenaza para crisol



8.- Moldes. Son de un material particularmente refractario (arena) aglomerado de tal manera que mantenga su forma durante la colada.

Figura 17. Moldes



9.- Barreno. Aparato electromecánico que se utiliza para penetrar las piezas de metal.

Figura 18. Barreno



10.- Pulidora eléctrica. Aparato electromecánico que se utiliza para alisar, dar lustre, perfeccionar las piezas.

Figura 19. Pulidora eléctrica



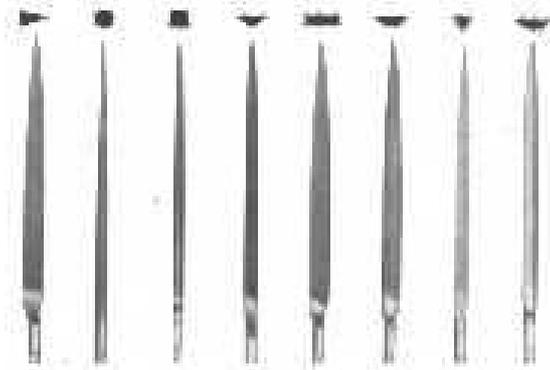
11.- Prensa. Es de metal, con un tornillo sinfín, que en el momento de ajustarse es el que mueve la mordaza, y esto hace que la pieza insertada en la prensa se le pueda aplicar presión.

Figura 20. Prensa



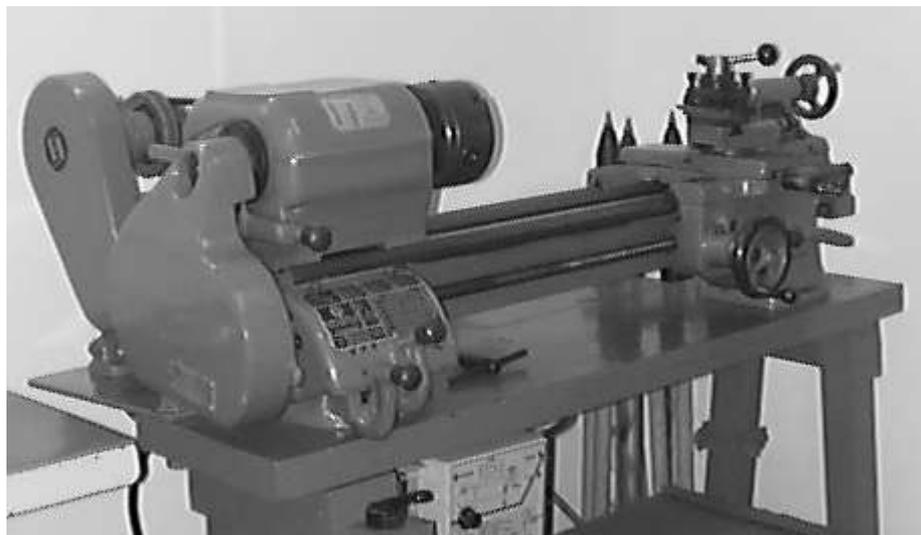
12.- Lima plana. Instrumento de acero que se utiliza para alisar metales.

Figura 21. Lima plana



13.- Torno para metales. Máquina consistente de un cilindro que gira sobre un eje por un manubrio.

Figura 22. Torno para metales



14.- Banco de trabajo. Mueble de madera en el cual se monta la prensa, y el resto del área se utiliza para pequeños trabajos, tales como limar, martillar, etcétera.

Figura 23. Banco de trabajo



Tabla VII. Inventario de equipo

Cantidad	Unidad de medida	Descripcion
1	Unidad	Balanza para 200 lbs
2	Unidad	Almádena de 10 lb
2	Unidad	Martillo de bola de 2 lb
2	Unidad	Cinzel de 8"
1	Unidad	Horno para fusión
2	Unidad	Crisol grafitado de 2 kg.
1	Unidad	Tenaza para crisol
12	Unidad	Moldes
1	Unidad	Barreno
24	Unidad	Moldes
1	Unidad	Pulidora eléctrica
1	Unidad	Prensa
2	Unidad	Lima plana
1	Unidad	Torno para metales
1	Unidad	Banco de trabajo
		Total inversión

2.4 Distribución en planta

En el plano del edificio se encuentran distribuidas las diferentes áreas de la planta, fundición (horno), colada y enfriamiento, desencofrado, limpieza de moldes y maquinado. Como podemos observar debido a las instalaciones y a la capacidad instalada, así como a las condiciones generales de la planta, las áreas especificadas son las que regularmente encontramos en los talleres artesanales.

Figura 24. Distribución en planta

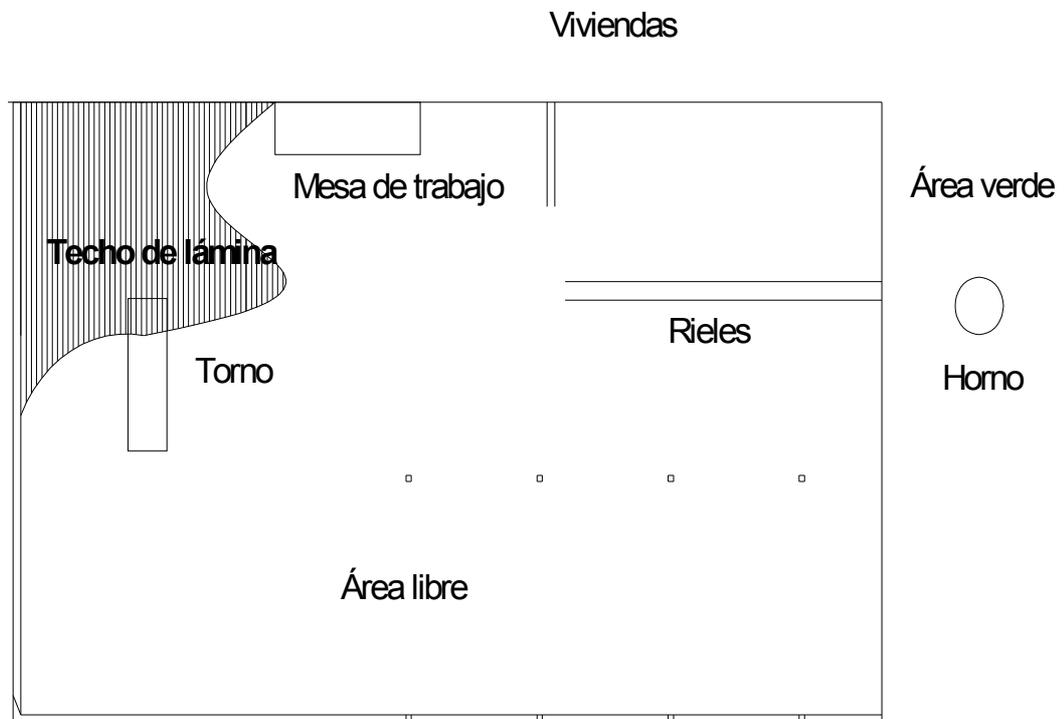


Figura 25. Fundición artesanal

Proceso de fundición artesanal. Nótese las características de la operación y la infraestructura de la planta.



Figura 26. Colada

Colada del material fundido en molde de arena



2.5 Fuentes de suministro de desechos de aluminio

Las fuentes de suministro son los centros de acopio ubicados en la terminal de buses de la zona 4 de la ciudad capital, así como los talleres de motocicletas a los cuales se les compran los motores de las mismas.

2.6 Análisis de costos

La capacidad instalada es de 400 unidades de reposaderas por semana, esto se debe a que cada reposadera pesa 3.88 onzas, lo que resulta en 97 libras de materia prima dando como resultado 400 unidades de producto terminado.

2.6.1 Costo de materia prima

El precio de mercado de la libra de aluminio para reciclaje es de Q3. Se ha previsto el consumo de 141 libras de materia prima por lote de fundición. Una de las consideraciones que se debe de tomar en cuenta para el cálculo del costo de materia prima es que no se debe de tomar en cuenta sólo la cantidad de producto final que se desea, sino también la merma propia de cada proceso productivo.

Tabla VIII. Costo de materia prima

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Costo total del lote
Materia prima	97 libras	Q3.00	Q291.00

Tipo de cambio Q7.83 por US\$1.00

2.6.2 Costo de mano de obra

Para este cálculo se tomaron en cuenta a los operarios necesarios en el proceso de producción, como lo son el fundidor-tornero y el ayudante. En todo costeo de este tipo hay que dividir la mano de obra del proceso en directa e indirecta. La mano de obra directa es aquella que interviene

personalmente en el proceso de producción, como lo es en el presente caso de estudio, específicamente se refiere a los obreros. La mano de obra indirecta se refiere a quienes aun estando en producción no son obreros, tales como supervisores, jefes de producción, etcétera.

Tabla IX. Costo de mano de obra

Operario	Días	Unidad	Docena	Total	Nominal	Tiempo
Fundidor-Tornero	5	Q1.85	Q22.20	Q741.75	Q148.35	10 u/hr
Ayudante	5	Q0.81	Q9.72	Q516.00	Q103.20	16 u/hr
Total	5	Q2.66	Q31.92	Q1,257.75		

Tipo de cambio Q7.83 por US\$1.00

En el salario nominal ya está calculado el sueldo + prestaciones.

2.6.3 Costo de fabricación

Los costos de fabricación no son más que un reflejo del proceso de producción. El proceso de costo en fabricación es una actividad de ingeniería, más que de contabilidad, si durante el proceso se determina que tanto el cálculo de materia prima, mano de obra, consumo de energía y combustibles no están bien calculados, la responsabilidad no será de contabilidad, que sólo se concretó a anotar los montos proporcionados por producción.

Tabla X. Costo de fabricación

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Costo lote
Materia prima	97 lbs	Q3.00	Q291.00
Combustible Diesel	9 gal 1gal/15lb	Q1.10	Q9.90
Energía eléctrica	1 Q/7lb		Q20.00
Mano de obra			Q1,257.75
Otros	1 Q/15lb		Q9.00
Total			Q1,587.65

Tipo de cambio Q7.83 por US\$1.00

Cada reposadera pesa 3.88 onzas, lo que resulta en 97 libras de materia prima para 400 unidades.

Materia prima $= (3.88 \text{ onzas/ unidad} * 400 \text{ unidades}) / 16 \text{ onzas/libra} = 97$ libras de materia prima.

2.7 Ventas

Los ingresos por ventas se pueden deducir de la siguiente manera:

Tabla XI. Ventas mensuales

Produccion mensual en Unidades	Precio de venta unitario en Quetzales	Ingresos totales por mes en Quetzales
1600	Q8.46	Q13,536.00

Tipo de cambio Q7.83 por US\$1.00

De donde puede verificarse que todo lo que se produce se vende, siendo este el esquema actual de la operación de la empresa.

El movimiento normal de las ventas se dirige hacia los intermediarios (ferretería), a través de pedidos específicos en cantidad tiempo de entrega.

Figura 27. Producto terminado

Luego de los procesos de fundición y desencofrado, la pieza pasa al maquinado. Nótese la pieza terminada luego del maquinado, lista para su entrega.



3. MODELO PROPUESTO

A solicitud del propietario se respetaron las condiciones de localización (esto debido a que él posee un inmueble, el cual desea utilizar), y que el personal deberá contratarse a destajo.

3.1 Tamaño y localización de la planta

La planta propuesta deberá llenar los requerimientos necesarios de tamaño y localización, para lograr el mejor desempeño posible.

3.1.1 Tamaño

El tamaño de las empresas dedicadas a la fundición de metales va desde pequeños talleres hasta grandes plantas manufactureras que producen miles de toneladas de piezas fundidas cada día. La generación de residuos está directamente relacionada con el tipo de material usado (hierro fundido, acero, bronce o aluminio) y depende del tipo de moldes y machos usados, así como de la tecnología empleada. Los residuos de las operaciones de fundición en arena son inherentemente mayores que los de operaciones con moldes permanentes o matrices.

De acuerdo al proceso de producción la distribución en planta de la maquinaria y los espacios de trabajo es el siguiente:

Tabla XII. Área de las instalaciones

Área total	240 m ²
Área planta	192 m ²
Área parqueo	48m ²

Figura 28. Distribución en planta



3.1.2 Localización de la planta

Los criterios para la localización deben ser principalmente los siguientes:

- Acceso. Debe haber un buen acceso a la planta para facilitar el movimiento de transporte desde y hacia la planta, al igual que facilidades para el personal.
- Energía eléctrica. El proceso depende en una parte de energía eléctrica, por lo tanto, debe existir facilidad de tomarla de una fuente cercana a la planta.
- Materia prima. La fuente de abastecimiento de materia prima debe estar cercana a la planta.
- Mano de obra. La localidad en donde se instale la planta deberá tener facilidades para obtener mano de obra.

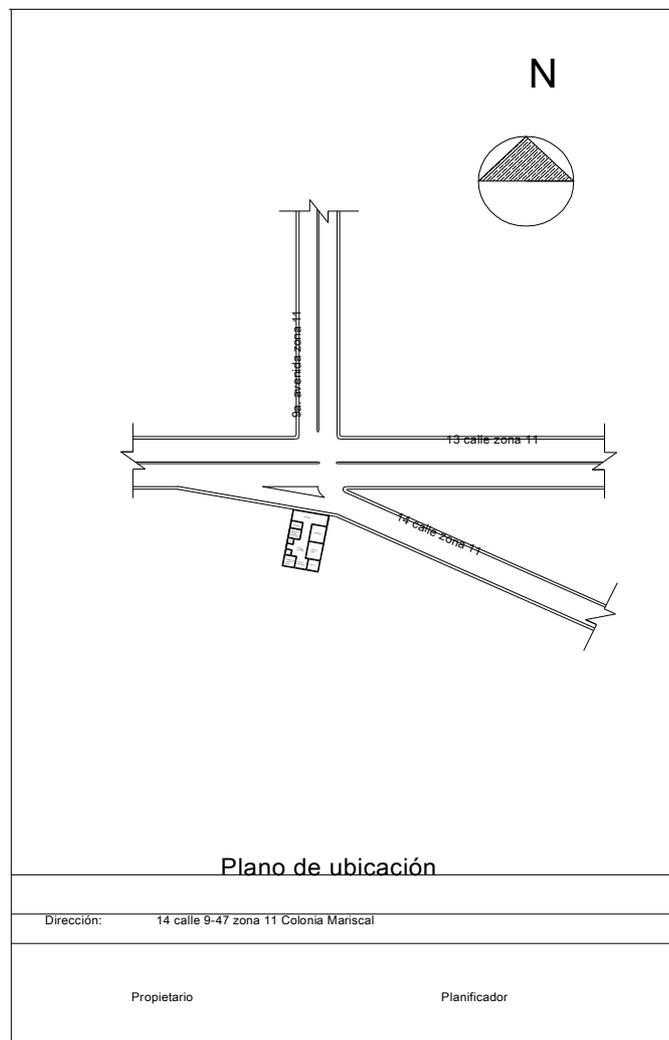
La localización de una planta de aluminio está relacionada con el factor de la demanda energética, ya que los hornos termo electrolíticos necesitan mucha electricidad para poder operar. Por tal motivo las fundidoras están localizadas en áreas donde tienen acceso a un recurso de energía abundante (hidroeléctricas, gas natural, carbón y energía nuclear).

En la industria guatemalteca, esta clase de producción es en escala modesta, debido a factores económicos, tecnológicos y de infraestructura energética. Su producción se enfoca principalmente en el reciclaje de objetos de aluminios para realizar diversos trabajos casi artesanales, ya que el metal reciclado requiere solo el 5% de la energía para producir metal nuevo. Mezclar metal reciclado con un nuevo metal permite ahorrar energía considerablemente, así como el uso eficiente del calor procesado. No hay

diferencia entre el metal primario y el reciclado en término de calidad y propiedades.

Las plantas de aluminio se localizan, en su mayoría, distantes de las ciudades de cada país, debido a su grado de contaminación y por el factor de energético.

Figura 29. Plano de ubicación



3.2 Terreno

La determinación de la índole del terreno para edificar obtenida durante las inspecciones iniciales, puede ahorrar gastos considerables, pues en el caso de encontrar rocas y formaciones acuíferas, puede ser necesario un cambio de emplazamiento en interés de la economía de la construcción. El terreno debe cumplir con ciertas características tales como estar nivelado, tener acceso a calles o avenidas, debido al manejo de los materiales y un área mínima de 20 mts. x 12 mts. = 240 mts².

3.3 Maquinaria y equipo necesario

Se calcula que se variara la capacidad instalada en 700 unidades por batch de producción, para un total de producción de 700 unidades x 8 batch mensuales haciendo un total de 5,600 unidades mensuales, lo que en términos relativos de porcentaje es de 350%, en comparación a las 1,600 unidades producidas en forma artesanal. Lo anterior se resume a continuación:

Tabla XIII. Listado de maquinaria y equipo

Cantidad	Unidad de medida	Descripción	precio unitario	Total inversion
1	Unidad	Romana de plataforma para 1000 lb	Q1,500.00	Q1,500.00
2	Unidad	Almádena de 10 lb	Q40.00	Q80.00
2	Unidad	Martillo de bola de 2 lb	Q15.00	Q30.00
2	Unidad	Cinzel de 8"	Q15.00	Q30.00
1	Unidad	Horno para fusión	Q2,500.00	Q2,500.00
2	Unidad	Crisol grafitado de 50 kg.	Q1,800.00	Q3,600.00
1	Unidad	Tenaza para crisol	Q400.00	Q400.00
1	Unidad	Crisol grafitado 2 kg.	Q750.00	Q750.00
6	Unidad	Cajas de metal para modelar	Q20.00	Q120.00
24	Unidad	Moldes	Q10.00	Q240.00
1	Unidad	Barreno de pedestal	Q1,600.00	Q1,600.00
1	Unidad	Pulidora eléctrica	Q900.00	Q900.00
1	Unidad	Prensa	Q500.00	Q500.00
2	Unidad	Lima plana	Q20.00	Q40.00
1	Unidad	Torno para metales	Q11,000.00	Q11,000.00
1	Unidad	Esmeril	Q1,200.00	Q1,200.00
1	Unidad	Antorcha de gas propano	Q250.00	Q250.00
1	Unidad	Banco de trabajo	Q750.00	Q750.00
		Total inversión		Q23,880.00

Tipo de cambio Q7.83 por US\$1.00

3.4 Proceso de producción

3.4.1 Descripción del proceso

El proceso de fundición en arena empieza con la elaboración del patrón. Un patrón es un modelo especialmente hecho de un componente que va a ser producido. Se coloca arena alrededor del patrón para hacer un molde. Los moldes generalmente se elaboran en dos mitades, de tal manera que el patrón pueda ser retirado fácilmente. Cuando se vuelven a ensamblar las dos mitades, queda una cavidad dentro del molde con la forma del patrón.

Los machos se hacen de arena y un aglomerante; deben ser lo suficientemente resistentes para insertarlos en un molde. Dan forma a las superficies interiores de una pieza moldeada que no pueden ser formadas por la superficie de la cavidad del molde. El fabricante de patrones entrega cajas de machos que son llenadas con arena especialmente aglomerada para producir machos con dimensiones precisas. Los machos se colocan en el molde y éste se cierra. A continuación, se vierte metal fundido en la cavidad del molde y se le deja solidificarse dentro del espacio definido por el molde de arena y los machos.

3.4.2 Elaboración de moldes y machos

Los moldes usados en la fundición en arena consisten de un material particularmente refractario (arena) aglomerado de tal manera que mantenga su forma durante la colada. El tipo más común de elaboración de moldes es con arena verde. La arena verde normalmente está compuesta de arena, arcilla, material carbonoso y agua. La arena constituye el 85 a 95% de la mezcla de arena verde. Con frecuencia, la arena es sílice, pero también se usa olivino y zircón. Aproximadamente 4 a 10% de la mezcla es arcilla.

La arcilla actúa como aglomerante, suministrando resistencia y plasticidad. Los materiales carbonosos pueden constituir hasta un 2 a 10% de la mezcla de arena verde. Estos se añaden al molde para suministrar una atmósfera reductora y una película de gas durante la colada con el fin de evitar la oxidación del metal. Algunos de los materiales más carbonosos incluyen el carbón de mar (un carbón bituminoso finamente molido) y productos de petróleo. Puede añadirse otros materiales carbonosos como cereal (molido con almidón) y celulosa (harina de madera) para controlar los defectos por la expansión de la arena. El agua activa la aglomeración de la arcilla y generalmente se la agrega en porcentajes pequeños (2 a 5%).

Las arenas de los machos consisten de mezclas de arena con pequeños porcentajes de aglomerante, se utilizan para producir las cavidades internas de una pieza fundida. Los machos deben ser resistentes, duros y colapsables. Con frecuencia, los machos deben ser retirados de una pieza fundida a través de un pequeño orificio y, por lo tanto, la arena debe colapsar después de que la pieza fundida se solidifica.

La arena del macho generalmente es sílice. También se usa olivino o zircón cuando las especificaciones requieren arenas para macho con mayor punto de fusión o mayor densidad. Los materiales aglomerantes que mantienen unidos los granos de arena varían considerablemente en su composición y en sus propiedades de aglomeración. Son comunes los aglomerantes de aceite y los sintéticos.

3.4.3 Fusión

Los procesos de fundición comienzan con la fusión del metal para verterlo en los moldes.

Los hornos de reverbero y de crisol son usados ampliamente para la fundición en lotes de metales no ferrosos como aluminio, cobre, zinc y

magnesio. En un horno de crisol, el metal fundido es mantenido en una estructura con forma de marmita (crisol). Los calentadores eléctricos o a combustible fuera de esta estructura generan el calor que pasa a través de ella hasta el metal fundido. En muchas operaciones de fundición de metal, se acumula escoria en el revestimiento de la superficie metálica, mientras que en el fondo se acumulan lodo pesado no fundido. Ambos reducen la vida útil del crisol y deben ser retirados para ser reciclados o tratados como residuos.

Se propone que se siga utilizando el mismo horno de crisol con el que se cuenta en la actualidad.

3.4.4 Colada

Una vez que el metal fundido ha sido tratado para conseguir las propiedades deseadas, es transferido al área de colada en cucharas revestidas con refractarios. Se retira la escoria de la superficie del baño y se vierte el metal en moldes. Cuando el metal vertido se ha solidificado y enfriado, se saca la pieza fundida fuera del molde y se retiran los tubos verticales y las puertas. Los humos provenientes del metal en el área de colada normalmente son extraídos hacia un dispositivo de recolección de polvo, como una cámara de bolsas.

3.4.5 Limpieza

Después del enfriamiento, se retiran los tubos verticales y los burletes de la pieza fundida utilizando sierras de banda, discos de corte abrasivos o dispositivos de corte con arco. La rebaba en la junta se retira con cinceladores. El contorneado de las áreas de corte y de la junta se hace con esmeriladora. La pieza fundida puede ser reparada mediante soldadura para eliminar defectos.

3.4.6 Revestimiento

Las piezas fundidas son revestidas usando soluciones de enchapado, baños de metales fundidos, aleaciones, metales en polvo, metales volatilizados o sales de metales, revestimientos de fosfatos, porcelana y revestimiento orgánicos.

Figura 30. Diagrama de bloques del proceso

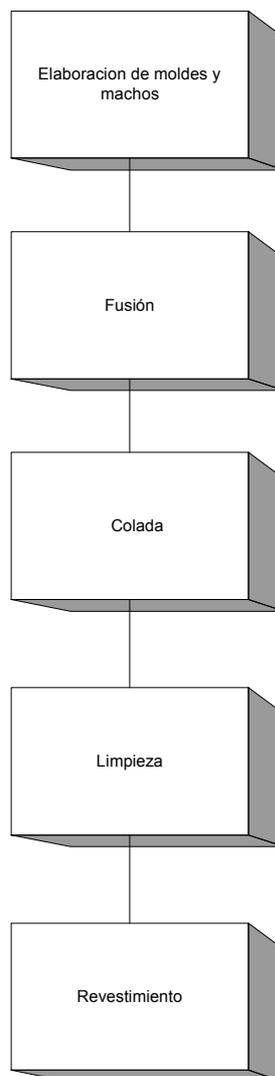


Figura 31. Diagrama de procesos

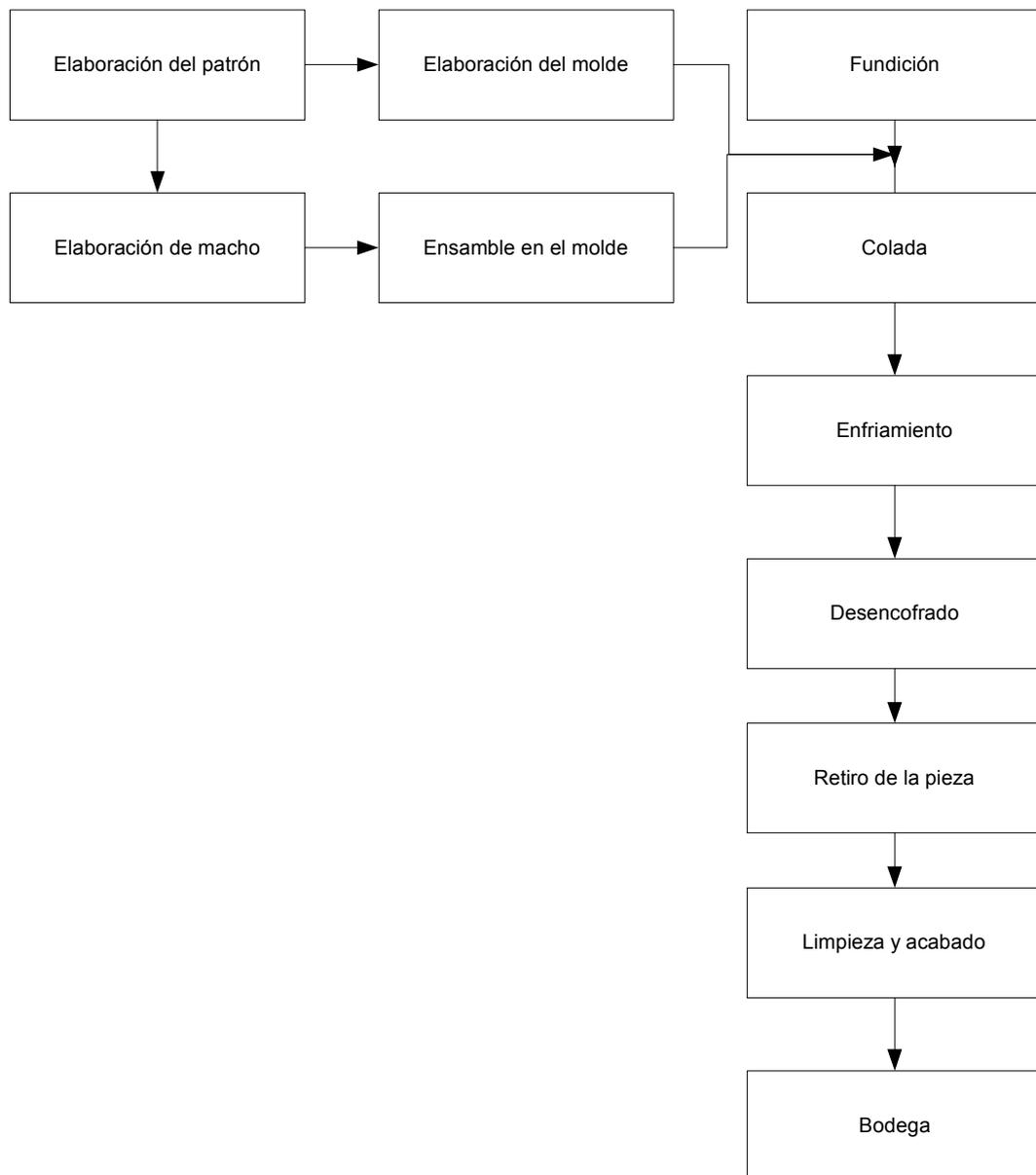
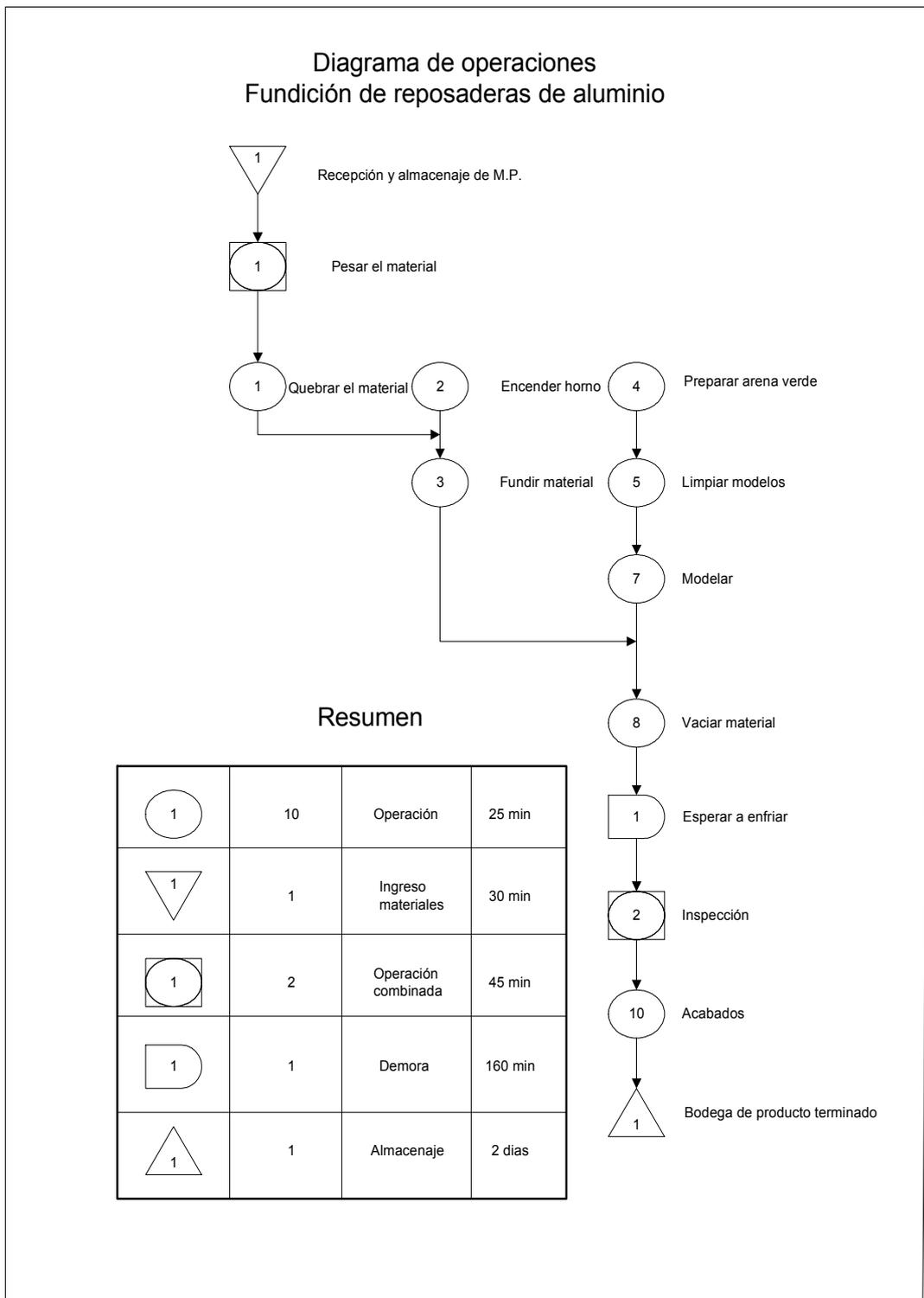


Figura 32. Diagrama de operaciones



3.5 Monto de la inversión

La inversión inicial comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo.

Se entiende por activo fijo o tangibles (que se puede tocar) los bienes propiedad de la empresa, como terrenos, edificios, maquinaria, equipo, herramienta, mobiliario. Se le llama fijo porque la empresa no puede desprenderse fácilmente de él sin que ello ocasione problemas a sus actividades productivas.

Se entiende por activo intangible el conjunto de bienes propiedad de la empresa necesarios para su funcionamiento y que incluyen patentes de invención, marcas, diseños comerciales o industriales, contratos de servicio (como luz, teléfono, Internet, agua, corriente trifásica).

A continuación se detallan los montos de inversión en maquinaria, equipo y herramienta y el de mobiliario y equipo de oficina, haciendo entre ambos un total de Q29,175.00.

Tabla XIV. Inversión en maquinaria, equipo y herramienta

Cantidad	Unidad de medida	Descripción	precio unitario	Total inversion	Porcentaje
1	Unidad	Romano de plataforma para 1000 lb	Q1,500.00	Q1,500.00	6%
2	Unidad	Almádena de 10 lb	Q40.00	Q80.00	0%
2	Unidad	Martillo de bola de 2 lb	Q15.00	Q30.00	0%
2	Unidad	Cinzel de 8"	Q15.00	Q30.00	0%
1	Unidad	Horno para fusión	Q2,500.00	Q2,500.00	10%
2	Unidad	Crisol grafitado de 50 kg.	Q1,800.00	Q3,600.00	15%
1	Unidad	Tenaza para crisol	Q400.00	Q400.00	2%
1	Unidad	Crisol grafitado 2 kg.	Q750.00	Q750.00	3%
6	Unidad	Cajas de metal para modelar	Q20.00	Q120.00	1%
24	Unidad	Moldes	Q10.00	Q240.00	1%
1	Unidad	Barreno de pedestal	Q1,600.00	Q1,600.00	7%
1	Unidad	Pulidora eléctrica	Q900.00	Q900.00	4%
1	Unidad	Prensa	Q500.00	Q500.00	2%
2	Unidad	Lima plana	Q20.00	Q40.00	0%
1	Unidad	Torno para metales	Q11,000.00	Q11,000.00	40%
1	Unidad	Esmeril	Q1,200.00	Q1,200.00	5%
1	Unidad	Antorcha de gas propano	Q250.00	Q250.00	1%
1	Unidad	Banco de trabajo	Q750.00	Q750.00	3%
		Total inversión		Q23,880.00	100%

Tipo de cambio Q7.83 por US\$1.00

Tabla XV. Inversión en mobiliario y equipo de oficina

Cantidad	Unidad de medida	Descripción	Precio unitario	Total	Porcentaje
2	Unidad	Escritorios	Q555.00	Q1,110.00	21%
3	Unidad	Calculadoras	Q95.00	Q285.00	5%
2	Unidad	Sillas	Q300.00	Q600.00	11%
1	Unidad	Equipo de cómputo	Q3,300.00	Q3,300.00	62%
		Total inversión		Q5,295.00	100%

Tipo de cambio Q7.83 por US\$1.00

Tabla XVI. Resumen

Descripción	Monto	Porcentaje
Inversión en maquinaria, equipo y herramienta	Q23,880.00	82%
Inversión en mobiliario y equipo de oficina	Q5,295.00	18%
Total de la inversión	Q29,175.00	100%

Tipo de cambio Q7.83 por US\$1.00

3.5.1 Análisis del monto de la inversión

En lo referente al monto de la inversión sobre la maquinaria, herramienta y equipo podemos observar que el 40% equivalente a Q11,000.00, de este rubro lo representa la compra del torno para metales y los otros rubros de importancia están en la compra de los crisoles grafitados el cual representa un 15% equivalente a Q3,600.00 y el horno para fusión que es de un 10% equivalente a Q2,500.00.

En la inversión de mobiliario y equipo un 62% equivalente a Q3,300.00 corresponde a la compra del equipo de cómputo.

En consecuencia, el 82% equivalente a Q23,880.00 del total del monto de la inversión lo representa la compra en maquinaria, equipo y herramienta. El aporte de la inversión en este tipo de proyectos es característico debido a que la maquinaria, equipo y herramienta son esenciales durante todo el proceso de producción.

4 ANÁLISIS DE COSTOS Y EVALUACIÓN FINANCIERA

4.1 Costo de producción

Es el conjunto de todos los costos que son generados por cada una de las operaciones que conlleva a la fabricación del bien a producir. Entre los costos de producción se pueden enumerar:

4.1.1 Costo de materia prima

Parámetros:

La materia prima específica se refiere al desecho de aluminio. No se utiliza ningún otro material para el proceso.

Tabla XVII. Costo de materia prima

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Costo lote
Materia prima	141 lb	Q3.00	Q423.00

Tipo de cambio Q7.83 por US\$1.00

4.1.2 Costo de mano de obra

Parámetros

La estimación de mano de obra se refiere a pago a destajo sobre la base del salario mínimo más prestaciones con un promedio de producción de 15 unidades por hora que equivalen a 120 unidades diarias.

Tabla XVIII. Determinación del precio a pagar a destajo por unidad

Departamento	unidades/hora	unidades/mes	eficiencia	produccion real	salario/mes	valor por unidad
moldeado y fundición	16	2816	97%	2,732	1500	0.55
desencofrado	15	2640	97%	2,561	1300	0.51
maquinado	15	2640	97%	2,561	1750	0.68
total a pagar por unidad						1.74

Tipo de cambio Q7.83 por US\$1.00

Tabla XIX. Determinación de costo mensual de mano de obra

Departamento	Número de operarios	Salario/mes	Total salarios
moldeado y fundición	2	1,500.00	3,000.00
desencofrado	2	1,300.00	2,600.00
maquinado	2	1,750.00	3,500.00
Total pago de planilla mensual			9,100.00

Tipo de cambio Q7.83 por US\$1.00

4.1.3 Costo de fabricación

Parámetros

El costo de fabricación se estima por lote bajo la estimación de que un batch de producción equivale a 700 unidades para un total de producción mensual de 5,600 unidades

Tabla XX. Determinación de costo de fabricación

Concepto	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Costo lote
Materia prima	141	libra / batch	Q3.00	Q423.00
Aceite quemado	9	galon / batch	Q1.10	Q9.90
Energía eléctrica	141	libra / batch	Q.1.00 / 7lb	Q20.14
Mano de obra	679	unidad / batch	Q1.74	Q1,181.46
Otros	141	libras / batch	Q.1.00 / 15lb	Q9.40
Total				Q1,643.90

Tipo de cambio Q7.83 por US\$1.00

4.1.4 Costos fijos

Los costos fijos son aquellos cuya magnitud no depende del volumen total producción ni del nivel de utilización de un determinado proceso o servicio.

Tabla XXI. Costos fijos

Descripción	Monto
Salarios	Q5,000.00
Alquileres	Q2,500.00
Teléfono	Q1,000.00
Útiles de oficina	Q1,500.00
Artículos de limpieza	Q500.00
Energía eléctrica	Q500.00
Total de gastos fijos	Q11,000.00

Tipo de cambio Q7.83 por US\$1.00

4.1.5 Costo total

Los costos totales son la suma de los costos fijos y los costos variables, y resultan asociados con un volumen específico de producción o de utilización del proceso o servicio.

Tabla XXII. Costo total

Descripción	Monto	batch / mes	Total
Costos variables	Q1,643.90	8	Q13,151.20
Costos fijos	Q11,000.00		Q11,000.00
Costos totales			Q24,151.20

Tipo de cambio Q7.83 por US\$1.00

4.1.6 Formato de control de costos

Parámetros

A efecto de mantener un estricto control de los costos, se ha diseñado un formato de control diario que evitará al máximo que la producción se salga de control. Este reporte debe realizarse con un día de atraso e involucra todos los materiales e insumos que intervienen en la producción

Figura 33. Hoja de control de costos

Hoja de control de costos por cada corrida de fundición			
Fecha _____			
mano de obra	piezas producidas	precio a pagar por pieza	total
	655	Q1.74	Q1,139.70
Materia prima			
	libras	valor por libra	total
salida total de bodega materia prima	141	Q3.00	Q423.00
ingresos a bodega por reciclado	5	Q3.00	Q15.00
consumo del día	136	Q3.00	Q408.00
Insumos			
	cantidad	u de medida	valor
aceite quemado	9	galon	Q1.10
material de limpieza	0.25	unidad	Q5.00
total			Q11.15
Resumen			
total mano de obra	Q1,139.70		
Total materia prima	Q408.00		
total insumos	Q11.15		
Total Costos	Q1,558.85		
costo unitario			
total de costo	Q1,558.85		
producción	655		
costo unitario	Q2.38		
Eficiencia de la producción			
Piezas terminadas	655	unidades	
piezas esperadas por libra de fundición	4.96	unidades	
total libras usadas en la fundición	136	libras	
esperado de piezas por producción	674.56	unidades	
eficiencia de la producción	97%		
Responsable: Jefe de fundición			
Vo.Bo. Jefe de maquinado			

4.2 Punto de equilibrio

El análisis del punto de equilibrio es una técnica útil para estudiar las relaciones entre los costos fijos, los costos variables y los beneficios (o ingresos totales). Si los costos de una empresa sólo fueran variables, no existiría problema para calcular el punto de equilibrio.

El punto de equilibrio es el nivel de producción en el que los beneficios por ventas son exactamente iguales a la suma de los costos fijos y los variables.

Tabla XXIII. Punto de equilibrio

Costos variables	
Mano de obra	Q1.74
Materia prima	Q0.62
Combustible	Q0.02
Costo total variable	Q2.38

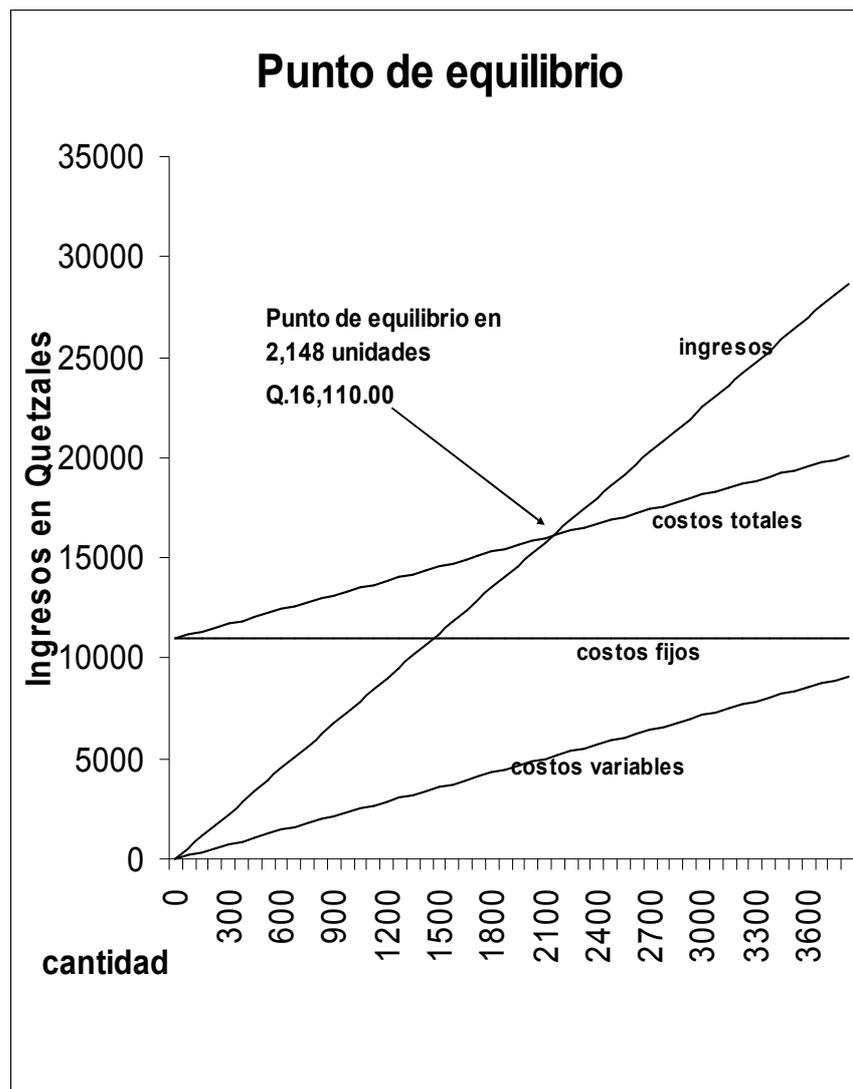
Costos fijos	
Salarios	Q5,000.00
Alquileres	Q2,500.00
Teléfono	Q1,000.00
Útiles de oficina	Q1,500.00
Artículos de limpieza	Q500.00
Energía eléctrica	Q500.00
Total de gastos fijos	Q11,000.00

Precio de venta	Q7.50
Margen de contribución	Q5.12
Punto de equilibrio	2,148.44

4.2.1 Análisis de equilibrio lineal

Con este análisis es posible calcular con mucha facilidad el punto mínimo de producción al que debe operarse para no incurrir en pérdidas, sin que esto signifique que aunque haya ganancias éstas sean suficientes para hacer rentable el proyecto.

Figura 34. Gráfica de punto de equilibrio



4.2.2 Contribución en el ingreso bruto debido al nuevo proceso productivo

Incremento de ventas derivados de la mejora en el proceso

Tabla XXIV. Contribución en el ingreso

Ingresos por venta actual	Q13.536,00
Ingresos por venta debido al nuevo proceso	Q39.300,00
Diferencia	Q25.764,00

4.2.3 Diferencia entre los costos actuales y el debido al nuevo proceso productivo

Costo actual = Q.3.97 en 400 piezas.

Costo debido al nuevo proceso = Q4.48 en 5,240 piezas

4.3 Tasa de descuento

4.3.1 Definición

La tasa de descuento es la referencia que se utiliza para evaluar el proyecto, también se le conoce como tasa de corte, es la tasa mínima fijada como aceptable.

Para este proyecto se fija una tasa de descuento del 20%, por decisión del inversionista.

4.3.2 Aplicación

La tasa de descuento se utiliza para evaluar los proyectos y determinar si el rendimiento ofrecido cumple con las expectativas de los inversionistas. Este es el precio que los inversionistas creen justo por los fondos invertidos.

4.4 Valor actual neto

El Valor actual neto (VAN) o Valor presente neto (VPN) es la diferencia entre los flujos de fondos actualizados al tiempo cero, y la inversión inicial (que se produce en tiempo cero).

El VAN resulta de sumar los valores futuros netos descontados en el presente y de restar la inversión inicial. En forma simple, representa el beneficio actualizado en términos de su valor equivalente en el momento cero. Entonces, para aceptar un proyecto, los beneficios o ganancias deben ser mayores que cero.

Analizaremos el proyecto para cinco años. Utilizando para su efecto los siguientes parámetros:

Supuestos:

Tasa de Inflación = 7%

Tasa de descuento = 20%

Inversión = Q.29,175.00

Determinación del valor presente

Para efecto de la determinación del valor presente de cada uno de los montos en el tiempo, se utilizará la siguiente fórmula:

$$V_P = V_F (1 / (1 + i)^n)$$

Donde:

V_P = Valor presente

V_F = Valor futuro

I = Tasa de descuento

n = Periodos para actualización

Tabla XXV. Flujo proyectado

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión inicial	-Q29,175.00					
Ingresos						
Ventas		Q471,600.00	Q518,760.00	Q570,636.00	Q627,699.60	Q690,469.56
Egresos						
Costos		Q281,654.40	Q301,370.21	Q322,466.12	Q345,038.75	Q369,191.46
Depreciación		Q5,835.00	Q5,835.00	Q5,835.00	Q5,835.00	Q5,835.00
Utilidad		Q189,945.60	Q217,389.79	Q248,169.88	Q282,660.85	Q321,278.10
ISR		Q58,883.14	Q67,390.84	Q76,932.66	Q87,624.86	Q99,596.21
(+) Depreciación		Q5,835.00	Q5,835.00	Q5,835.00	Q5,835.00	Q5,835.00
Flujo	-Q29,175.00	Q136,897.46	Q155,833.96	Q177,072.22	Q200,870.99	Q227,516.89
Valor actualizado	-Q29,175.00	Q114,081.22	Q108,218.03	Q102,472.35	Q96,870.65	Q91,433.93
VAN		Q483,901.18	TIR	483%		

Tipo de cambio Q7.83 por US\$1.00

4.5 Tasa interna de retorno

Es la tasa que hace que el valor actual neto sea igual a cero. Esta tasa es la que iguala los ingresos a los egresos descontados del proyecto.

La tasa interna de retorno es la que representa el máximo rendimiento real de una inversión. Lo que significa que si el rendimiento del proyecto es mayor al mínimo fijado como aceptable (costo de capital = tasa mínima aceptable o tasa de corte) por la empresa, la inversión es económicamente rentable.

Para este proyecto se utilizará la fórmula

$$\mathbf{Tir = VAN / INVERSION}$$

Para determinar la Tasa interna de retorno (TIR) = 483%

5. SEGUIMIENTO

5.1 Instalación de la maquinaria y equipo

A continuación se ilustra cómo queda finalmente la distribución de los diferentes departamentos.

Figura 35. Plano de distribución en planta



Figura 36. Redistribución de la planta y acomodamiento de la infraestructura física



Figura 37. Nuevo proceso de colado y área de fundición



Figura 38. Área de cajas



Figura 39. Proceso de maquinado y producto terminado



5.1.2 Ventajas

- La categoría del edificio pasa de tercera a segunda, donde la seguridad es mucho mayor debido a su construcción.
- Consta de una mejor iluminación y ventilación.

5.1.3 Desventajas

- Las nuevas instalaciones ya están fabricadas, por lo que hubo que diseñar la distribución en planta, para el mejor aprovechamiento de los espacios.

5.2 Capacitación de personal

El personal ha sido capacitado en los programas que ofrece el Intecap. Con el objetivo de tener personal cada vez mejor preparado y que esto coadyuven a la calidad de los productos finales, se lleva un kardex en el cual se indica el curso y la fecha de participación de cada uno de los operarios.

Los cursos en los cuales participó el personal se desarrollaron de conformidad con los horarios establecidos por Intecap.

Toda la documentación (manuales, procedimientos y material de soporte) fue proporcionado por los instructores de cada uno de los cursos impartidos.

Se tiene contemplado por parte del propietario participar en foros y seminarios a nivel nacional en la medida de sus posibilidades tanto económicas como de tiempo.

Paralelo al desarrollo de la capacitación se llevará a cabo, la correspondiente evaluación del desempeño. Esto con la finalidad de mantener un constante control en el desarrollo personal, sirviendo además de diagnóstico con relación a las habilidades de cada uno de los operarios, encontrando también de esta manera los puntos a reforzar en cuanto al proceso se refiere.

CONCLUSIONES

1. Al realizar el análisis comparativo entre el proceso actual versus el modelo propuesto, podemos concluir que el actual es totalmente empírico y que el propuesto tiene bases técnicas que coadyuvarán en el proceso productivo, que se ve reflejado en el mejor aprovechamiento de la materia prima y por lo tanto en el producto terminado.
2. Las principales fuentes de suministros de desechos de aluminio se encuentran ubicadas en la terminal de buses de la zona 4 capitalina.
3. El aluminio se puede reciclar una y otra vez, lo que nos permite economizar hasta un 95% de la energía necesaria para la fabricación de productos reciclados.
4. En países con características económicas y sociales similares al nuestro, donde la riqueza acumulada y el desarrollo económico son relativamente bajos, donde el desempleo estructural es alto, y donde además no existen leyes que eviten la generación de residuos, la propuesta de recuperar desechos toma una especial dimensión.
5. Los resultados obtenidos al evaluar financieramente la viabilidad de la implementación de este proyecto nos proporciono un VAN de Q483,901.18, con una tasa de descuento del 20%, en un horizonte de 5 años. Siendo esta cifra positiva al término del horizonte planteado, lo que nos brinda un suficiente margen de beneficio para la aprobación del proyecto.

RECOMENDACIONES

1. De acuerdo al análisis técnico y financiero de la operación, el desarrollo del nuevo proyecto cumple con los requerimientos del mercado, del inversionista y además satisface la necesidad específica de las reposaderas. Bajo estos lineamientos, es procedente recomendar la ejecución del proyecto acatando los parámetros expuestos y monitoreando regularmente la operación con el uso del formato del control de costos.
2. Tomado como parámetro el beneficio comercial y al medio ambiente mediante el reciclado de aluminio, se debe crear la conciencia en la población de los beneficios que se obtienen al reciclar. Si se considera que además del beneficio ecológico de la clasificación de los desechos, se podrá contar con un suministro estable de materia prima y a bajo costo
3. Promover ante las instituciones competentes la creación de entidades de apoyo a la microempresa y específicamente a las dedicadas al uso del material de desecho en la fabricación de los productos. Esto conllevará no sólo al desarrollo de las microempresas independientemente del uso que le den al material de desecho, como a las entidades ambientalistas en la búsqueda de producción limpia. A esto se suma las posibilidades de exoneraciones fiscales que puedan proceder a efecto del fomento de estas industrias.

4. Promover con las entidades municipales la creación de centros de acopio, los cuales funcionarían a nivel interdepartamental, promoviendo de esta manera la consecución de material de desecho en volúmenes que permitan su comercialización apropiada y competitiva.
5. Los índices derivados del flujo de la inversión permiten la ejecución y desarrollo del proyecto, por lo que se recomienda la implementación inmediata de los parámetros presentados en el proyecto y su monitoreo constante.

BIBLIOGRAFÍA

1. Maynard, H.B. **Manual de ingeniería y organización industrial.** 3ª ed. Barcelona: Editorial Reverté, S.A., 2000. 1900 pág.
2. Robbins, Stephen **Administración.** 5ª ed. México: Editorial Prentice – Hall, 1997. 997 pág.
3. Torres, Sergio. **Ingeniería de plantas.** (Área de producción de la Facultad de Ingeniería). Guatemala 1997. 13 pág.
4. Davis, H.E; y otros. **Ensayo e inspección de los materiales en ingeniería.** (trad. J. Moreno Cruz). México: CECOSA, 1998. 577 pág.
5. Salvendy, Gabriel. **Biblioteca del ingeniero industrial.** (volumen 5) México: Editorial Limusa S.A. de C.V., 1990. 497 pág.
6. Redmore, Fred. **Fundamentos de química.** 3ª ed. México: Editorial Prentice – Hall, 1995. 400 pág.
7. Gill, James O. **Cómo comprender los estados financieros.** 3ª ed. México: Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V., 1995. 322 pág.
8. Buffa, Elwood S. **Administración y dirección técnica de la producción.** 3ª ed. México: Editorial Limusa S.A. de C.V., 1997. 519 pág.

9. Leet & Jonson. **Geología física**. 4ª ed. México: Editorial Limusa S.A. de C.V., 1995, 652 pág.

10. Milian, Hugo M.A., **Evaluación económica de proyectos de inversión**. (Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos, Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Ciencias Económicas). Guatemala 2003. 6 pág.

11. www.world-aluminium.org