

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Estudio de factibilidad para la fabricación de tambores de freno para
vehículos de transporte público**

Astudillo Lala Ángel Ernesto

Zamora Bolaños Marco Antonio

Ing. Juan Carlos Rubio

Director del trabajo de titulación

Trabajo de Titulación Previo a la Obtención Del Título de
Ingeniero en Mecánica Automotriz

Quito, julio de 2018

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

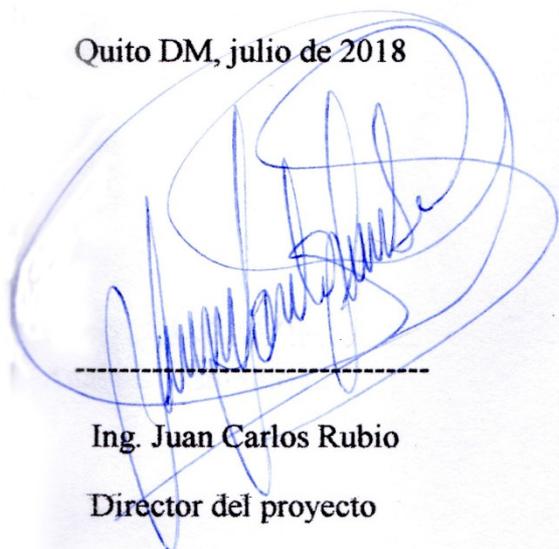
CERTIFICADO

Ing. Juan Carlos Rubio Terán

CERTIFICO:

Que el trabajo de tesis “ **Estudio de factibilidad para la fabricación de tambores de freno para vehículos de transporte público**” realizado por los estudiantes: Angel Ernesto Astudillo Lala, Marco Antonio Zamora Bolaños, siendo los autores del mismo, además de ser responsables de su originalidad, autenticidad y contenido.

Quito DM, julio de 2018



Ing. Juan Carlos Rubio

Director del proyecto

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ****CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD**

Yo, **ANGEL ERNESTO ASTUDILLO LALA**, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí es de mi auditoria; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Angel Astudillo.
Angel E. Astudillo L.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ****CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD**

Yo, **MARCO ANTONIO ZAMORA BOLAÑOS**, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí es de mi auditoria; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Marco A. Zamora B.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi esposa Nidia, por ser un pilar fundamental en esta etapa de mi vida, por toda la ayudada brindada, siempre con el mejor ánimo, además de todo por ser un ejemplo a seguir en el desarrollo profesional.

Ángel E. Astudillo L

A mis padres, por haberme enseñado a vivir la vida en valores y a la vida mismo por aprender cada día, pues con perseverancia y constancia ha sido más fácil alcanzar este objetivo propuesto.

A cada uno de mis profesores, cada uno ha aportado significativamente en la elaboración del presente trabajo.

Marco Zamora B.

DEDICATORIA

A mi esposa Paty, por ser la persona que más admiro como líder; de ella he aprendido a pensar de forma no convencional; y a mis hermosas hijas Shaden y Zoe por ser mi felicidad.

Marco Zamora B.

RESUMEN

El proyecto de titulación “**Estudio de factibilidad para la fabricación de tambores de freno para vehículos de transporte público**”, fue abordado desde diferentes aspectos considerando la perspectiva económica revisando cual es el entorno y la realidad de la industria automotriz en Ecuador y desde la perspectiva financiera al revisar costos y factibilidad de la fabricación y la perspectiva técnica expresada en términos de la fabricación,

En cuanto al entorno se identificó el comportamiento general de la industria automotriz en Ecuador considerando las afectaciones por temas arancelarios además de la proyección del comportamiento no solo de la industria, sino del consumidor y del competidor a fin de determinar tanto posicionamiento como estrategia.

En el aspecto financiero se realizó el análisis basado en costos directos, indirectos fijos y variables únicamente asociados a la fabricación del tambor de freno, de ninguna manera se incluyeron costos asociados a la creación de empresa y/o construcción de fábrica. Con los datos obtenidos de costos de fabricación se fijó el precio y se comparó con la competencia.

En una aproximación técnica se abordaron aspectos como los diferentes tipos de freno, de disco y tambor con énfasis en este último y los elementos constitutivos del conjunto, el material adecuado, condiciones de uso, para luego pasar a la etapa de diseño mecánico.

Para el diseño se toma en cuenta el tipo de trabajo a realizar, las cargas que soportara, para lo cual se realiza un análisis de stress con Autodesk Inventor para si tener certeza de la factibilidad de fabricación. realizado el paso anterior se procede a describir todo el proceso de fabricación, hasta obtener el producto final.

ABSTRACT

This final Project called “Break drum Manufacturing feasibility for public transportation buses” had different approaches. These approaches are macroeconomics which considers the environment and current reality for automotive in Ecuador, the financial approach considers costs and feasibility and the technical perspective.

On the macroeconomic environment was important to identify the general automotive performance in Ecuador beside taxes and performance forecast, considering not only customers but competitors all of these in order to set the position and strategy.

The financial approach was based on costs: directs, indirect, fixes and variables only related to brake drum, costs related to company creation or register were not considered. Total costs data was used in order to set a final price and compare it against competitors.

Technical aspects as different sort of brakes, drums and some elements were considered, the right material, usage as input to the mechanical design. This design was made using Autodesk Inventor. The program final report includes stresses information, maximum load, etc in order to figure out the manufacturing feasibility.

Using this information, the production process was described step by step from raw material until the final product.

TABLA DE CONTENIDO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA FABRICACIÓN DE TAMBORES DE FRENO PARA VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO	17
PLANTEAMIENTO, FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA..	17
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
Objetivo general	17
Objetivos específicos. -	18
CAPÍTULO 1	19
ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO	19
1.1 Delimitación temporal	19
1.2 Delimitación geográfica	19
1.3 Delimitación del contenido	19
1.4 Tendencias del Macro Entorno	19
1.5 Análisis Sectorial - Análisis de las 5 Fuerzas de Porter	20
1.5.1 Análisis de la Competencia	21
CAPITULO 2	23
FACTIBILIDAD TÉCNICA	23
2.1 Marco conceptual y teórico	23
2.2 Sistemas de frenos	23
2.2.1 Freno de disco	24
2.2.2 Freno de tambor	25
2.2.2.1 Tambor de freno	26
2.2.2.2 Plato porta freno	27
2.2.2.3 Zapatas de freno	27

	10
2.2.2.4 Cilindro de freno	28
2.3 Clasificación de los tambores de freno	28
2.3.1 Acero forjado	28
2.3.2 Hierro fundido.....	28
2.3.3 Frenos de tambor bimetálicos	28
2.3.4 Por su posición y forma de apoyo.....	29
2.3.4.1 Simplex	29
2.3.4.2 Dúplex.....	30
2.3.4.3 Dúo-Servo	30
2.4 Defectos del tambor	31
2.4.1 Sobremedida	31
2.4.2 Grietas	31
2.4.3 Ralladuras	31
2.4.4 Ovalamiento.....	31
2.4.5 Cristalización	32
2.4.6 Deformación en forma de barril.....	32
2.5 Fundiciones	32
2.5.1 Fundición gris	33
2.5.2 Fundición blanca.....	34
2.5.3 Fundición Nodular	35
2.5.4 Fundición atruchada.....	36
2.5.5 Fundición gris utilizada en los tambores	36
2.5.5.1 Tipos de fundición gris de acuerdo a su aplicación	37
2.5.5.2 Defectos en la fundición gris.....	37
2.5.5.2.1 Cavidades de contracción.....	38

	11
2.5.5.2.2 Rechupe.....	38
2.6 Tratamiento térmico de la fundición gris.....	40
2.6.1 Temple	40
2.6.2 Revenido	41
2.6.3 Recocido	41
2.6.4 Normalizado.....	42
2.6.5 Principales Propiedades Mecánicas	42
2.6.6 Composición química	43
2.6.6.1 Efectos de los componentes químicos en la fundición gris.....	43
2.7 HORNOS ELÉCTRICOS	44
2.7.1 Horno de Arco	46
2.7.2 Horno de Inducción	47
2.7.2.1 Principales usos de los Hornos de Inducción.....	47
2.7.3 Horno de llama directa.....	48
2.7.4 Horno de cubilote.....	48
2.8 Ferroaleaciones	50
CAPÍTULO 3.....	52
OPORTUNIDAD DE NEGOCIO	52
3.1 Análisis de la Competencia.....	52
3.2 Diseño de la investigación de Mercado	53
3.3 Resultados de la investigación de Mercado	53
3.3.1 Tamaño del mercado por provincias.....	56
3.3.2 Importaciones de tambores de freno	56
3.3.2.1 Principales países de importación	58
CAPITULO 4.....	60

	12
ESTUDIO TÉCNICO – FABRICACIÓN.....	60
4.1 Obtención de la chatarra como materia prima.....	60
4.2 Tipos de Chatarra.....	61
4.2.1 Busheling Chatarra liviana.....	61
4.2.2 Carrocerías.....	61
4.2.3 Hierro fundido.....	62
4.2.4 Chatarra shredder.....	62
4.3 Proceso de fabricación del tambor de freno.....	64
4.3.1 Diseño del tambor.....	66
4.3.1.1 Análisis de estrés del tambor de freno.....	66
4.3.1.2 Dilatación térmica.....	70
4.3.2 Informe análisis de estrés para el tambor de freno.....	71
4.3.3 Sobredimensionamiento por contracción.....	77
4.3.4 Sobredimensionamiento por maquinado.....	79
4.3.5 Elaboración del plano.....	80
4.3.6 Fabricación del modelo.....	82
4.3.7 Elaboración del molde.....	83
4.3.8 Colado de la fundición gris.....	83
4.3.9 Desmoldeo, limpieza y corte de rebabas.....	84
4.3.10 Maquinado.....	85
4.3.10.1 Torneado.....	86
4.3.10.2 Taladrado.....	86
4.3.11 Control de calidad.....	87
4.3.11.1 Verificación de dimensiones.....	88
4.3.11.2 Inspección visual.....	88

	13
4.3.11.3 Ensayos no destructivos con tintas penetrantes	89
4.3.12 Acabado superficial	90
CAPITULO 5.....	91
ANÁLISIS DE COSTOS.....	91
5.1 Costo energía eléctrica	91
5.2 Costo de la chatarra y ferroaleaciones	91
5.3 Gastos y costos del proyecto.....	92
5.3.1 Costos de moldeo	92
5.3.2 Costo de mano de obra.....	92
5.3.3 Costos de materia prima	93
5.3.4 Costos directos variables	93
5.3.5 Costos totales	94
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
6.1 CONCLUSIONES.....	96
6.2 RECOMENDACIONES	97
ANEXOS	98
BIBLIOGRAFÍA	109

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: 5 FUERZAS DE PORTER.....	21
FIGURA 2: FRENO DE DISCO.....	24
FIGURA 4:FRENO DE TAMBOR.....	26
FIGURA 5:TAMBOR DE FRENO	26
FIGURA 6:FRENO DE TAMBOR SIMPLEX.....	29
FIGURA 7: FRENO DE TAMBOR DÚPLEX.....	30
FIGURA 8: FRENO DE TAMBOR DÚO-SERVO	30
FIGURA 9: DIAGRAMA HIERRO-CARBONO	33
FIGURA 10: MICROESTRUCTURA FUNDICIÓN GRIS.....	34
FIGURA 11: MICROESTRUCTURA FUNDICIÓN BLANCA	35
FIGURA 12: MICROESTRUCTURA FUNDICIÓN NODULAR.....	35
FIGURA 13: HORNO POR ARCO ELÉCTRICO	46
FIGURA 14: HORNO DE INDUCCIÓN	47
FIGURA 15: HORNO DE CUBILOTE	49
FIGURA 16: PAÍSES DE LOS CUALES SE IMPORTA TAMBORES	59
FIGURA 17: CHATARRA SIN PROCESAR.....	62
FIGURA 18: CHATARRA SIN PROCESAR.....	63
FIGURA 19: CHATARRA PROCESADA.....	63
FIGURA 20:DDIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE FABRICACIÓN TAMBOR DE FRENO.	65
FIGURA 21: PLANO FRENO DE TAMBOR SCANIA	81
FIGURA 22: ESQUEMA MEDIDAS MODELO.....	82
FIGURA 23:DESMOLDEO LIMPIEZA Y CORTE DE REBABAS.	84
FIGURA 24:DIAGRAMA DE FLUJO MAQUINADO	85
FIGURA 25:DIAGRAMA DE FLUJO CONTROL DE CALIDAD.....	87
FIGURA 26:DIAGRAMA DE FLUJO ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	89
FIGURA 27:ACABADO SUPERFICIAL.....	90

INCIDE DE TABLAS

TABLA 1: CLASIFICACIÓN DE LA FUNDICIÓN GRIS POR SU COMPOSICIÓN.....	36
TABLA 2: CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE ACUERDO A SU CLASIFICACIÓN.	37
TABLA 3: COMPOSICIÓN QUÍMICA METALES.....	43
TABLA 4: HORNOS PARA FUNDICIÓN Y FUENTES DE ENERGÍA.....	44
TABLA 5: ESTIMACIÓN DE MARKET SHARE.....	54
TABLA 6: UNIDADES IMPORTADAS DE BUSES EN ECUADOR DESDE EL AÑO 2000.	55
TABLA 7: UNIDADES VENDIDAS POR PROVINCIA A PARTIR DEL AÑO 2007.....	56
TABLA 8: TONELADAS DE TAMBORES IMPORTADAS.	57
<i>TABLA 9: TONELADAS DE TAMBORES IMPORTADAS</i>	58
TABLA 10: COMPOSICIÓN QUÍMICA BUSHELING CHATARRA LIVIANA.	61
TABLA 11: COMPOSICIÓN QUÍMICA CHATARRA CARROCERÍAS.....	61
TABLA 12: COMPOSICIÓN QUÍMICA HIERRO FUNDIDO.	62
TABLA 13: COMPOSICIÓN QUÍMICA CHATARRA SHREADER.....	63
TABLA 14: COMPARACIÓN COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CHATARRA. .	64
TABLA 15: CONTRACCIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE ACERO.....	78
TABLA 16: SOBREDIMENSIONAMIENTO POR MAQUINADO.....	79
TABLA 17: TIPO DE OPERACIÓN Y HERRAMIENTAS.....	86
TABLA 18: TIPO DE OPERACIÓN Y HERRAMIENTAS.....	87
TABLA 19: TIPO DE OPERACIÓN Y HERRAMIENTAS.....	88
TABLA 20: PARÁMETROS A REVISAR. ELABORACIÓN PROPIA.....	89
TABLA 21: COSTO ENERGÍA ELÉCTRICA POR TONELADA DE MATERIAL.....	91
TABLA 22: COSTO DE CHATARRA Y FERROALEACIONES.....	92
TABLA 23: COSTOS DE PRODUCCIÓN DE MOLDEO.....	92
TABLA 24: COSTO DE MANO DE OBRA.....	93
TABLA 25: COSTOS DE MATERIA PRIMA.....	93
TABLA 26: COSTOS DIRECTOS VARIABLES. ELABORACIÓN PROPIA.....	94
TABLA 27: COSTOS TOTALES.....	94
TABLA 28: COSTOS TOTALES. PVP. ELABORACIÓN PROPIA.....	95

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. 5 FUERZAS DE PORTER.....	98
ANEXO B.- TOLERANCIAS DE FORMA	100
ANEXO C.- TOLERANCIAS DE POSICIÓN	101
ANEXO D.- TOLERANCIAS DE POSICIÓN	102
ANEXO E.- CONTROL DE CALIDAD PARA PROCESOS DE MECANIZADO	103
ANEXO F.- TOLERANCIAS SEGÚN DIN 7.157.....	104
ANEXO G.- VELOCIDAD DE CORTE PARA BROCAS	105
ANEXO H.- VELOCIDAD DE CORTE CON CUCHILLAS DE ACERO RÁPIDO	106
ANEXO I.- HOJA DE CONTROL.....	108

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA FABRICACIÓN DE TAMBORES DE
FRENO PARA VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO
PLANTEAMIENTO, FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

El proyecto se enfocará en la fabricación y producción de tambores de freno para vehículos de transporte público.

En este documento se presenta el resultado de la recopilación, generación, análisis, discusión y conclusiones de la información obtenida a través de métodos de investigación primaria y secundaria aplicados en varias etapas de este proceso.

Este estudio está contemplado dentro de las cadenas productivas prioritarias para el Cambio de la Matriz Productiva, de allí la importancia de abordar temas de estudios de mercado, correcta identificación de la población objetivo, análisis de la competencia, análisis financieros, análisis técnicos. Es decir, la aplicación de un conjunto de conocimientos no solo técnicos sino gerenciales con impacto económico y social, espacios donde se aplicarán todos los conocimientos adquiridos durante el desarrollo como estudiante de la Universidad Internacional del Ecuador.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general:

Realizar un estudio de factibilidad para la fabricación de tambores de freno para vehículos de transporte público.

Objetivos específicos:

- Investigar la demanda de tambores de freno de las principales marcas automotrices de vehículos de transporte de pasajeros del país.
- Establecer la frecuencia para el cambio preventivo de tambores de freno, de las diferentes marcas de vehículos de transporte público del Ecuador.
- Identificar que marca de tambores se están importando actualmente y para que marca de vehículo de transporte público.
- Investigar la composición química del material de tambores, para fabricar con chatarra como materia prima.
- Realizar los estudios técnico- económicos para la fabricación de tambores de freno para la industria automotriz en el caso específico de vehículos de transporte público del Ecuador.

CAPÍTULO 1

ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO

1.1 Delimitación temporal

Para el análisis de tendencias macro del sector se utilizarán datos de hasta 10 años atrás, además de datos actualizados tomados desde los portales de información oficiales (como MIPRO, INEC, entre otros), se prevé que el plazo para la realización del estudio será hasta junio de 2018.

1.2 Delimitación geográfica

Se tomarán datos estadísticos nacionales para la información del país, específicos del sector automotriz para el análisis de la industria, por ser la capital del país y tener en teoría acceso a mejores oportunidades se circunscribirá el estudio en la provincia de Pichincha, cantón Quito-capital.

1.3 Delimitación del contenido

En este documento se contempla información de procesos de fabricación, análisis estadístico de datos oficiales, análisis financiero del país-sector-industria, pensamiento estratégico, exclusivamente diseñado para entender el comportamiento del sector para la “fabricación de tambores de freno para vehículos de transporte público”.

1.4 Tendencias del Macro Entorno

Considerando las cifras reportadas por el INEC se observa que desde el año 2010 el parque automotor en vehículos de transporte público se ha incrementado en 7% anual, no obstante, para conocer el parque automotor total se revisó la base de datos de la Agencia Nacional de

Transito para conocer el número de vehículos matriculados, siendo de 17826 unidades hasta el cierre a diciembre de 2015.

No es posible conocer el número de unidades de buses de servicio público matriculados ya que no se cuenta con ese nivel de detalle ni en el INEC ni en la ANT.

Considerando el número de autobuses de alrededor de 17826 y que estos requieren de repuestos se tiene un mercado interesante a ser explotado, adicional a esto la legislación ecuatoriana en términos de aduanas ha regulado los cupos de importaciones, lo cual genera un espacio adicional para la fabricación.

El nivel de calidad de la fabricación de partes debe ser elevado, y este tema es preocupación de las autoridades dada la creciente siniestralidad en las vías, por lo que dentro de esta tesis se observaran altos estándares de calidad.

Otro dato importante a considerar es que se estima que la edad promedio del parque automotor se encuentra en 14.9 años, y esperando un cambio de tambores de frenos en términos de tiempo en alrededor de 4 años, tendremos en promedio cerca de 4 cambios por vehículo en su promedio de edad.

1.5 Análisis Sectorial - Análisis de las 5 Fuerzas de Porter

Para el análisis sectorial se consideraron cada uno de los ámbitos de las fuerzas de Porter, y contiene la perspectiva de la fabricación local y de la importación.

La figura 1, resume el análisis sectorial presentado en Anexo A.

Análisis Sectorial – Industria Automotriz – Repuestos Vehículos



Figura 1: 5 fuerzas de Porter
Fuente: Elaboración propia

El análisis sectorial determina que el sector es de mediano a altamente atractivo. Es decir, que una empresa promedio, implementando estrategias promedio, conseguiría una rentabilidad que al menos iguale al costo de oportunidad del capital y en el mejor de los casos superarlo.

1.5.1 Análisis de la Competencia

Dadas las características del mercado ecuatoriano de autopartes, el producto no está determinado por las marcas o temas de recordación, sino que está dominado por un tema de fabricación local versus importaciones. A través de la información primaria se identificaron que las dos características más importantes para los consumidores son el precio y país de origen.

Es importante considerar dentro de la competencia a los repuestos originales y genéricos, siendo estos últimos fabricados por empresas independientes bajo normas y especificaciones técnicas propias distintas de las marcas del vehículo y que se venden a un precio menor.

Sobre la base de una encuesta realizada por la ICEX en 2016, determino que tan solo el 21% de propietarios de vehículos en general optarían por comprar repuestos originales. Esto deja el

76% de mercado para los repuestos genéricos, dentro de los cuales se encontraría esta propuesta de negocio.

Para la mayoría de los consumidores el precio es el factor más decisivo en la compra, pues las rentas bajas de los usuarios implican que las inversiones en recambios y repuestos se consideren una inversión relativamente alta. La calidad es un factor que también importa a los usuarios a la hora de adquirir repuestos, ya que, elegir repuestos y recambios de calidad ayuda a alargar la vida útil de los vehículos. El diseño de estos productos es algo irrelevante pues el objetivo de los usuarios en sus compras es meramente funcional.

CAPITULO 2

FACTIBILIDAD TÉCNICA

2.1 Marco conceptual y teórico

El sistema de frenado es primordial en la seguridad de los ocupantes del vehículo, por tal motivo las autoridades de los diferentes países, establecen normativas y parámetros que deben cumplir los automotores, en cuanto eficacia de frenado se refiere, ya que estos deben detenerse en la menor distancia posible y con grado de estabilidad confiable en caso de frenar de forma emergente.

Lo que conlleva a que los fabricantes de vehículos, mejoren sus sistemas de frenado, por lo cual invierten una gran cantidad de dinero y tiempo en busca de nuevos sistemas de frenado y nuevos materiales que sean más duraderos y con una elevada eficiencia al momento de frenar el vehículo.

2.2 Sistemas de frenos

La absorción de toda la energía cinética producida por el motor al momento de detener el vehículo es absorbida por elementos de fricción, uno de estos elementos de fricción gira solidaria a la rueda, mientras que la otra esta fija, estos elementos tienen un alto coeficiente de adherencia.

En los sistemas de freno se distinguen dos tipos frenos, esto depende de la forma de la superficie y la forma de aplicar la energía de aplicar.

- Frenos de tambor
- Frenos de disco.

En la industria automotriz existen una gran cantidad de empresas que fabrican estos sistemas de frenado, para cada una de estas se adaptan a las necesidades de las diferentes marcas, manteniendo el principio básico de funcionamiento.

2.2.1 Freno de disco

Su principal elemento es un disco metálico, el cual gira solidario a el eje transmisión, para detener su movimiento giratorio es necesario de una mordaza la cual en su interior lleva unas pastillas que van una en cada cara del disco de freno, estas son accionadas por un bombín hidráulico el cual actúa al momento de presionar el pedal de freno, la presión es la necesaria para detener el movimiento giratorio del disco y esto con lleva a reducir la velocidad del automotor.



Figura 2: Freno de disco

Fuente: <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/frenos>

La potencia de frenado está determinada por la estabilidad del factor de fricción de las pastillas, el factor de fricción disminuye a medida que aumenta la temperatura y velocidad del automotor, como consecuencia se tiene una prolongación de la distancia de frenado.

2.2.2 Freno de tambor

El freno de tambor fue durante muchos años uno de los elementos de frenado más utilizado en la industria automotriz, los vehículos tenían este tipo de freno en las cuatro ruedas, en la actualidad solo se montan en las ruedas traseras en vehículos livianos y en las cuatro ruedas en vehículos de carga.

Los principales elementos que constituyen los frenos de tambor son:

- Tambor
- Plato porta freno
- Zapatas
- Tornillos de fijación
- Cilindro hidráulico de mando

Su principal componente es un tambor, el cual está fabricado por fundición gris perlítica con grafito esférico, capaz de soportar cargas térmicas muy elevadas, el cual va acoplado a la rueda que giran de manera solidaria, en su interior se encuentran las zapatas de freno las cuales ejercen presión y rozamiento hacia el tambor, de esta manera se logra reducir la velocidad del automotor, estas son accionadas por un cilindro hidráulico desde el pedal de freno.

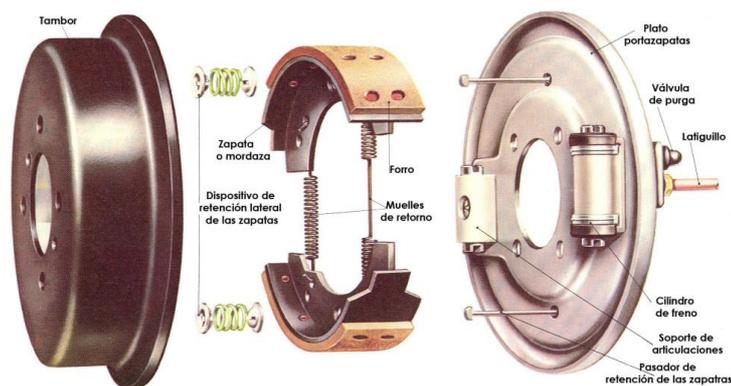


Figura 3:Freno de tambor

Fuente: <https://blogdesguaceslacabana.files.wordpress.com/2015/04/tambor.jpg>

2.2.2.1 Tambor de freno

El tambor de freno es el elemento que soporta toda la energía que se desarrolla un automotor al estar en movimiento, toda esta energía al momento de detener el desplazamiento del vehículo es soportada por el tambor.



Figura 4:Tambor de freno

Fuente: <https://blogdesguaceslacabana.files.wordpress.com/2015/04/tambor.jpg>

Este elemento va torneado en su parte interior y exterior para de esta manera balancear el mismo, el mecanizado en su parte interior es de grado N6, de esta manera se logra un mejor acoplamiento entre las fibras y el metal, para evitar agripamiento.

Para su montaje en la zona central llevan unos taladros donde acoplan los espárragos de sujeción de la rueda y un taladro mayor para centrar con el eje.

El diámetro de los tambores, esta normalizado según UNE 26 019, esto va de acuerdo a las características del vehículo.

2.2.2.2 Plato porta freno

Es un plato de forma cilíndrica fabricado en chapa de acero por procesos de estampación y troquelado, va sujeto a la mangueta o porta manguetas mediante tornillos, sobre el van montados el cilindro de frenado, zapatas, demás elementos del sistema de frenado.

2.2.2.3 Zapatas de freno

Las zapatas de freno, están constituidas por una chapa de acero curvada a la cual va soldada otra chapa de acero con forma de media luna, a este conjunto va remachada o pegada una fibra de fricción, la cual es muy resistente a la alta temperatura y fricción, esta fibra se adapta de manera perfecta al tambor de freno, esta fibra se fabrica es fabricada con:

Fibras. - por lo general de amianto, utilizada por su resistencia a las altas temperaturas y brindar una buena estructura y resistencia mecánica, en la actualidad se utilizan además fibra de vidrio, lana de acero, fibra acrílica, entre otros.

Resinas. - es un aglutinante el cual resiste alta temperatura y además estabilidad dimensional.

Cargas. - son diversos tipos de materiales utilizados para funciones específicas, tales como: disipadores de calor, modifica el coeficiente de fricción, funciona como lubricante y antioxidante.

2.2.2.4 Cilindro de freno

Elemento encargado de empujar las zapatas contra el tambor de freno, esta presión ocasionada por el cilindro, hace que el automotor detenga su desplazamiento.

2.3 Clasificación de los tambores de freno

Los tambores de freno son clasificados por el material con el cual están fabricados, según su ubicación y por la forma de acoplamiento de las zapatas.

2.3.1 Acero forjado

En este caso el tambor es fabricado con una lámina de acero, como característica de este tambor es su bajo coeficiente de rozamiento y su disipación de calor, además se deforma cuando la presión de frenado es excesiva, debido a esto sus aplicaciones son limitadas como por ejemplo a los frenos de tambor en malacates.

2.3.2 Hierro fundido

Es uno de los principales materiales utilizados en la fabricación de tambores de freno, debido a esto son las más utilizados en vehículos.

Estos tambores tienen un alto coeficiente de rozamiento, buen discipamiento de calor, una alta dureza lo que disminuye el desgaste y el rayado por incrustaciones de tierra, además no se deforma por excesivas presiones de frenado.

2.3.3 Frenos de tambor bimetálicos

Este tipo de frenos de tambor está fabricado en acero y hierro fundido, este tipo de fabricación evita la expansión de los materiales al generarse altas temperaturas por el frenado.

En este tipo de tambor la fundición soporta mayores cargas de frenado, evita las deformaciones en frenadas bruscas.

2.3.4 Por su posición y forma de apoyo

Esto depende de la posición de mando del cilindro hidráulico y la forma de apoyo de las zapatas, se tiene tres tipos.

1. Simplex
2. Dúplex
3. Dúo-Servo

2.3.4.1 Simplex

Estas son accionadas solo por un cilindro de mando de doble pistón, mientras que las zapatas por un lado van fijas (articuladas) o deslizantes, este mecanismo de frenado no es uno de los más eficaces, puesto que las zapatas al ser accionadas no acoplan en toda la superficie del tambor.

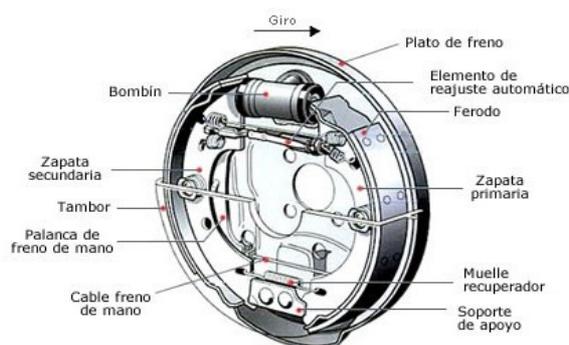


Figura 5:Freno de tambor Simplex

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-2.htm>

Este tipo de mecanismo es uno de los más utilizado en las ruedas traseras.

2.3.4.2 Dúplex

Este sistema de frenado se caracteriza por tener una mejor presión de frenado ya que cada zapata es accionada por un cilindro de mando de un solo pistón, los cilindros van ubicados en cada zapata y en el extremo libre de las zapatas estas pueden ser articuladas o deslizantes.

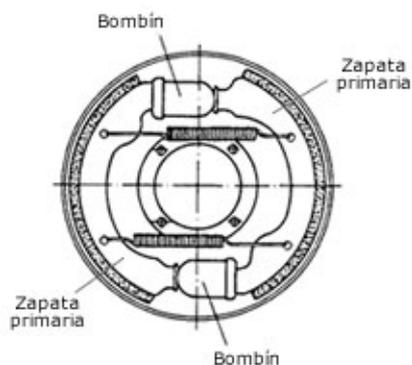


Figura 6: Freno de tambor Dúplex

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-2.htm>

2.3.4.3 Dúo-Servo

En este tipo de sistema las zapatas que están acopladas en serie unidas por una leva son accionadas por un solo cilindro de doble pistón. En este tipo de freno una zapata empuja a la otra mediante la biela de acoplamiento logrado con esto una mejor eficiencia de frenado, siendo utilizadas en las ruedas delanteras.

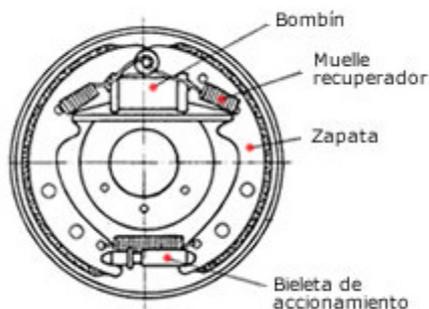


Figura 7: Freno de tambor Dúo-Servo

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-2.htm>

2.4 Defectos del tambor

El uso indebido de los frenos de tambor, hace que estos sufran defectos, debido al uso indiscriminado de los mismos.

2.4.1 Sobremedida

Los tambores al trabajar en constante fricción, sufren desgaste, es por eso que al momento de su fabricación se elaboran con un espesor suficiente para soportar desgaste y rectificación, sin embargo, tienen un límite máximo en el cual pueden soportar las cargas de trabajo, este valor de uso viene impregnado en el tambor.

2.4.2 Grietas

Formadas por el exceso de presión y temperatura, al encontrar fisuras en este elemento es recomendable cambiarlo, puesto que puede fallar y ocasionar graves accidentes.

2.4.3 Ralladuras

Estas se generan por tierra atrapada o por los remaches de la fibra al llegar a su límite de desgaste, en este caso es necesario rectificar los tambores y cambiar de zapatas si es el caso.

2.4.4 Ovalamiento

Esta deformación puede generarse por el excesivo calentamiento del tambor provocado por un uso indiscriminado de los frenos, esto genera un desgaste disparejo de la fibra de las zapatas, en este caso es recomendable rectificar el tambor siempre que esté dentro de la tolerancia de rectificación del mismo.

Otra de las causas de ovalamiento pueden darse por un almacenamiento inadecuado, por una caída del tambor sobre una superficie dura, o por un golpe fuerte con un martillo.

2.4.5 Cristalización

Este defecto puede causar por altas temperaturas de trabajo, lo que causa endurecimiento tanto en el tambor como en las zapatas, esto puede disminuir la eficiencia de frenado.

2.4.6 Deformación en forma de barril

Esto es debido a una excesiva presión de frenado, esto causa que la superficie de fricción del tambor se encuentre con mayor desgaste, esta presión distorsiona la superficie de frenado haciendo que toda esta presión se concentre en el centro, haciendo que cada vez la superficie se desgaste más.

2.5 Fundiciones

La fundición es la aleación de hierro y carbono, la fundición contiene entre 1,7 y 4% de carbono, estas pueden contener otros elementos aleantes, una de las características más importantes de las fundiciones es la obtención de piezas a partir de moldes ya sean estas muy complejas, como desventaja estas no pueden ser sometidas a deformaciones plásticas, tienen escasa o nula ductilidad y tampoco son maleables y son poco soldables, a favor se tiene que son maquinables, resistentes al desgaste y la corrosión.

Las fundiciones tienen una gran cantidad de usos y como ventajas importantes se tiene:

- Gran facilidad de maquinar
- Fabricación de piezas muy complejas
- Fabricación de piezas de diferentes tamaños
- Las vibraciones mecánicas son absorbidas sin ningún problema
- Para fabricar una pieza no se necesitan equipos de especiales
- No se requiere de hornos muy costosos

- Tienen buenas propiedades mecánicas.

Para una mejor comprensión de las transformaciones por enfriamiento y calentamiento de las fundiciones grises, estas deben ser estudiadas con el diagrama hierro-carbono, puesto que este diagrama nos muestra el contenido de carbono y la temperatura a la que se funde.

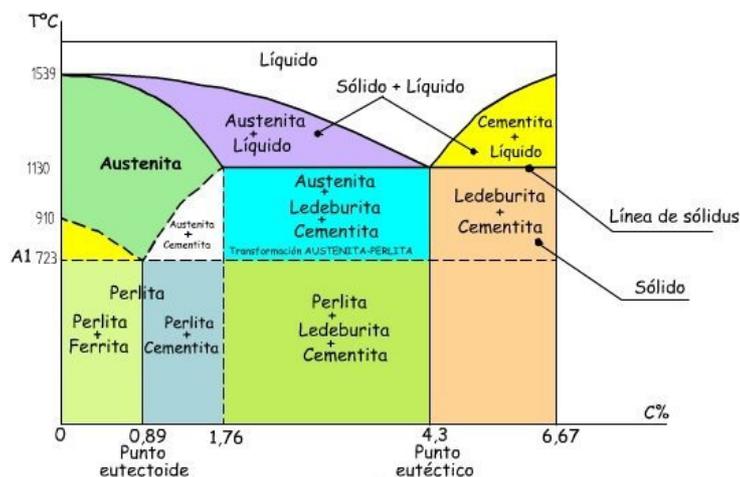


Figura 8: Diagrama hierro-carbono

Fuente: <https://sites.google.com/site/conocerlosmateriales/diagrama-hierro---carbono>

Las fundiciones de acuerdo a su estructura y composición química se las clasifica en: fundiciones grises, fundiciones blancas, fundiciones atruchadas y nodulares.

2.5.1 Fundición gris

Este tipo de fundición se caracteriza puesto que la mayor parte de su contenido de carbono se encuentra formando laminillas finas de grafito, estas son apreciables con un microscopio, el nombre de fundición gris lo recibe por el color que presenta en la superficie al ser rota.

Esta fundición no es muy dura y es empleada en una segunda fusión para piezas fundidas en moldes, también utilizada para la producción de aceros finos.

Este tipo de fundición como ventaja sobre el acero se tiene la gran amortiguación a vibraciones, por lo que son muy utilizadas en sistemas donde se requiere transmisión de potencia y mecanismos para máquinas.

Al llegar a la temperatura de colada es muy fluida, esto permite fabricar piezas complejas y con el máximo de detalle, por esta razón se utiliza en la fabricación de tambores de freno, bloques de motor, pistones.



Figura 9: Microestructura fundición gris
Fuente: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/page/4/>

2.5.2 Fundición blanca

En este tipo de fundición el carbono que da disuelto en el hierro de una forma homogénea, esto es visualizado por medio de un microscopio, al igual que la fundición gris toma su nombre ya que al ser rota en su superficie presenta un color blanco.

Este tipo de fundición es de menor uso en la industria, puesto que no son maquinables, son usadas cuando la resistencia al desgaste prima y van a ser usadas en aplicaciones de baja ductilidad y maleabilidad como en los siguientes usos:

- Camisas para mezcladoras de cemento
- Bolas de trituración en acerías

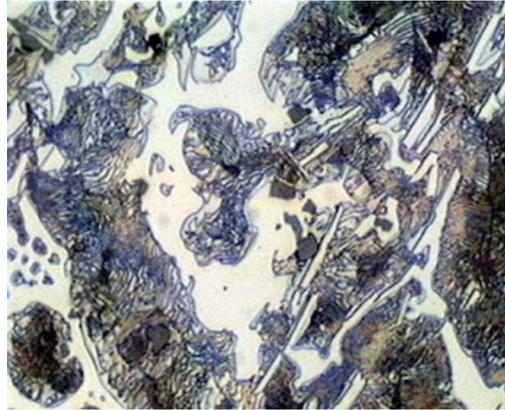


Figura 10: Microestructura fundición blanca
Fuente: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/page/4/>

2.5.3 Fundición Nodular

Fue desarrollada para reducir la fragilidad y la baja resistencia que se obtienen con las fundiciones con grafito en forma laminar, con la fundición nodular se transforma el grafito laminar en pequeñas esferas, esta transformación se obtiene por la adición de Cerio o Manganeso cuando la colada se encuentra en estado líquido, sin la necesidad de tratamientos térmicos.

Este tipo de fundición tiene propiedades similares a los aceros como ductilidad, resistencia, tenacidad, además un buen maquinado, características mejores a la fundición gris, además es menos dura que la fundición blanca.

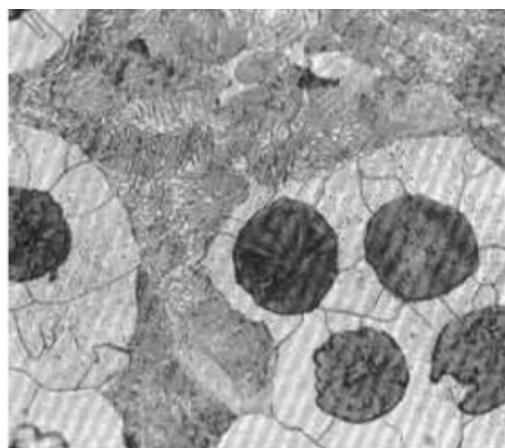


Figura 11: Microestructura fundición Nodular
Fuente: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/page/4/>

2.5.4 Fundición atruchada

Este tipo de fundición es intermedia entre la fundición gris y blanca.

2.5.5 Fundición gris utilizada en los tambores

La mayoría de las fundiciones grises son aleaciones hipoeutécticas que contienen entre 2,5 y 4% de carbono. El proceso de grafitización se realiza con mayor facilidad si el contenido de carbono es elevado.

Las excelentes propiedades que caracterizan a la fundición gris han hecho que este material sea de suma importancia en la industria automotriz.

Por esta razón SAE por intermedio de la especificación J-431 elaboro una clasificación de estos materiales.

Esta clasificación SAE también fue adaptada por la ASTM en su norma 159-72, en la siguiente tabla se puede observar su clasificación.

Tabla 1: Clasificación de la fundición gris por su composición.

CARACTERÍSTICA	CLASIFICACIÓN CLASE SAE		
	G 2500 ^a	G 3500B	G 3500C
COMPOSICIÓN			
CARBONO TOTAL	3.20 – 3.60	3.20 – 3.60	3.20 – 3.60
SILICIO	1.60 – 2.10	1.30 – 1.80	0.60 – 1.80
MAGNESIO	0.60 – 0.90	0.60 – 0.90	0.60 – 0.90
AZUFRE	0.12	0.12	0.12
FOSFORO	0.15	0.15	0.15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Características mecánicas de acuerdo a su clasificación.

ASTM	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	DUREZA HB	MODULO ELÁSTICO Gpa
A48	Mpa	Mpa	HB	Gpa
20	152	562	156	66-97
25	179	669	174	79-102
30	214	752	210	90-113
35	252	855	212	100-119
40	293	965	235	110-138
50	362	1130	262	130-157
60	431	1293	302	141-162

Fuente: Elaboración propia

2.5.5.1 Tipos de fundición gris de acuerdo a su aplicación

G2500 A Tambores de freno para servicio medio, donde el alto contenido de carbono es usado para minimizar los efectos de calentamiento.

G3500 B Tambores de freno para servicio pesado, donde además de minimizar los efectos de calentamiento es necesario alta resistencia mecánica.

G3500 C Tambores de freno para aplicaciones en servicios extra pesados.

2.5.5.2 Defectos en la fundición gris

Los defectos son discontinuidades que se presentan en la matriz, disminuye sus propiedades, debido a que se reduce la sección útil de la pieza, estos defectos causan que la pieza disminuya sus propiedades y por lo tanto su resistencia.

La mayor parte de defectos se presenta por un mal control en alguna secuencia del proceso de fundición de la pieza, estos defectos pueden presentarse en la superficie o en su parte

interior, muchos de los defectos son observados a simple vista y otros para detectarlos necesitan de algún ensayo no destructivo, si estos defectos sobrepasan cierto valor establecido bajo normas de fabricación, la pieza será desechada.

A continuación, se describe los defectos más comunes que se producen en una fundición.

2.5.5.2.1 Cavidades de contracción

Estos defectos pueden aparecer aislados o interconectados, formando vacíos en forma irregular.

Este tipo de defectos se presentan en zonas calientes tales como alimentadores de colada, donde existen cambios de sección o secciones gruesas.

Entre otro de los factores que influyen en este tipo de defectos tenemos: temperatura inadecuada de vaciado, una inadecuada composición del metal, falta de rigidez en el molde y un alto grado de nucleación, muchos de estos factores se pueden presentar de forma independiente o combinados.

La mayoría de líquidos se contraen durante la solidificación, pero este no es el caso de la fundición gris, ya que ocurre una expansión en la formación del eutéctico austenita-grafito, esta expansión aumenta si la aleación es nucleada, esta expansión se presenta en moldes preparados con arena verde, son incapaces de contener esta expansión, ya que esta arena no tiene la dureza suficiente, otra de las causas también es una temperatura de vaciado excesiva puesto que incrementan la contracción del metal.

2.5.5.2.2 Rechupe

Para entender este defecto hay que tener en cuenta que la densidad de un metal líquido es menor a la densidad del mismo metal solidificado. El metal empieza a contraerse desde su

estado líquido en la temperatura de colada, además se contrae en el cambio de fase, en este caso de líquido a sólido, la suma de estos dos factores de contracción líquida a contracción por solidificación se le denomina *rechupe*.

2.5.5.2.3 Porosidades

Se presentan en forma de burbujas esféricas o aplanadas, presentan una superficie lisa, la formación de estos se produce debido a la presencia de gases en el metal líquido, estos tratan de escapar y quedan atrapados al momento de la solidificación de la fundición.

Muchas de estas esferas contienen escoria y otro metal segregado, una de las principales causas para este tipo de defectos es la temperatura baja de vaciado, debido a esto se presentan muchos de estos defectos con la colada última, ya que ha perdido temperatura. Otra de las causas es el alto contenido de azufre y manganeso, en conclusión, para evitar este defecto es evitar los altos contenidos de azufre y manganeso, además de las bajas temperaturas.

2.5.5.2.4 Sopladuras

Estos defectos se presentan ya en estado fundido de la pieza, puesto que suelen retener grandes cantidades de gases en disolución o en forma de compuestos líquidos inestables. Así por ejemplo el hierro líquido disuelve monóxido de carbono, dióxido de carbono, vapor de agua, nitrógeno, oxígeno, etc., este efecto es causado por el descenso de la temperatura de la colada hasta el umbral de solidificación, se presenta una disminución de la solubilidad y los gases empiezan un proceso de desprendimiento del metal líquido.

Cuando el desprendimiento de los gases se produce cuando el metal está ya cerca de solidificarse, no permite su salida, estos quedan atrapados, este atrapamiento se lo denomina *sopladuras*, pueden ser periféricas o internas.

Otra de las causas que también generan sopladoras es el aire que queda retenido en el molde durante el colado, los gases también pueden ser originados por la humedad existente en la arena del molde, el vapor de agua da origen a poros superficiales denominadas picaduras.

2.6 Tratamiento térmico de la fundición gris

Una de los principales objetivos para realizar tratamientos térmicos en la fundición gris es la eliminación de tensiones internas causadas por la solidificación desigual de la pieza, ya que esta avanza a velocidades diferentes. Estas tensiones residuales son causas de una baja resistencia, presencia de fisuras y deformaciones en las piezas fundidas.

2.6.1 Temple

Al igual que el acero la fundición gris puede endurecerse con un enfriamiento brusco, claro está que la fundición gris debe estar a la temperatura adecuada.

La temperatura de temple para la fundición gris oscila en un intervalo de 857 a 871 grados centígrados, el temple se lo puede realizar en agua, aceite, sal caliente o aire, cualquier de estos se lo puede utilizar dependiendo el tamaño de la sección y la composición. El aceite es el medio de temple más usado cuando se requiere un endurecimiento más profundo de la pieza, el temple con agua puede ser muy drástico y esto puede causar fisuras y distorsiones en la pieza, para evitar estos problemas se requiere que las piezas fundidas sean de sección transversal, maciza y uniforme.

La fundición gris al momento de ser templada es muy frágil, para evitar esto se debe realizar un recocido.

2.6.2 Revenido

Este tratamiento térmico es realizado después del temple esto ayuda a mejorar la resistencia y tenacidad, eliminando la fragilidad de la pieza templada.

Con el revenido se logra eliminar la formación de carburos, estos pueden ser a nivel microscópico o submicroscópicas.

Para realizar este tratamiento se debe tener en cuenta el tipo y grado de fundición, para obtener las propiedades que se desean, en el revenido el enfriamiento es lento, con esto se logra minimizar las tensiones residuales después del temple, sobre todo en formas complejas.

El temple y revenido en la fundición gris se realiza para aumentar la resistencia al desgaste y la abrasión, esto se logra con el aumento a la dureza.

2.6.3 Recocido

Este tratamiento térmico es realizado en la fundición gris para suavizarlo y de este modo mejorar su maquinabilidad, la temperatura para el recocido está en un rango de 705 a 760 grados centígrados.

Con el recocido se logra un alivio de tensiones residuales, disminuye la resistencia mecánica, en el caso de realizarlo en el hierro nodular se obtiene un incremento en la ductilidad y resistencia al impacto.

A una temperatura inferior a 593 grados centígrados el efecto del calentamiento es insignificante, se evidencia un cambio de estructura al aumentar la temperatura sobre los 593 grados centígrados, es evidente el cambio de carburo de hierro a ferrita más grafito este cambio de da hasta una temperatura de 760 grados centígrados, la pieza debe mantener esta temperatura por un periodo de tiempo hasta completar su grafitización.

2.6.4 Normalizado

El normalizado se lo realiza con enfriamiento al aire desde una temperatura que esta sobre un rango crítico, con el normalizado se promueve la grafitización de carburos, estos se pueden formar mediante el proceso de solidificación.

Eliminando los carburos por medio del normalizado se mejora la maquinabilidad, mientras la resistencia a la tracción y al desgaste se retiene.

Como conclusión el normalizado se realizada para mejorar las propiedades mecánicas como dureza, tenacidad y resistencia, o para restaurar las propiedades obtenidas en la fundición que pueden ser modificadas por otro proceso de tratamiento térmico.

2.6.5 Principales Propiedades Mecánicas

- *Aspecto:* La superficie exterior en la fundición es de color gris
- *Peso específico:* Fundición gris = 7 a 7.2 kg/dm³
- *Temperatura de fusión:* Varía con la composición química oscila entre 1200° y 1300°C
- *Contracción:* En las fundiciones grises, en las cuales al momento de la solidificación segregan laminillas de grafito (de peso específico - 2) con aumento de volumen de la masa, la contracción final resulta menor (10 por 1000); la contracción varia también según los obstáculos mayores o menores que encuentra la colada en el molde.
- *Resistencia a la tracción:* La fundición gris tiene una carga de rotura a la tracción, de cerca de 15 Kg/mm², llega a los 30, 40 y 45 Kg/ mm². La resistencia a la compresión es mayor, y para las fundiciones grises normales resulta cerca de tres veces la de la tracción: por eso, es aconsejable someter las piezas de fundición a esfuerzos de compresión, más bien que a los de tracción.

- *Resistencia al impacto:* Las fundiciones grises, no resisten muy bien al impacto y esto es por su alto grado de dureza y a la vez lo vuelve frágil, porque no sufren deformaciones plásticas.

- *Dureza:* La fundición gris tiene una dureza de 140 a 250 Brinell, se puede mecanizar fácilmente, porque la viruta se desprende mejor y por la presencia de grafito liberado, que lubrica el paso de la viruta sobre el corte de la herramienta, la Viruta es siempre escamosa.

2.6.6 Composición química

Tabla 3: Composición química metales.

ELEMENTO	PORCENTAJE
Carbono	2,5-4,0
Silicio	1,0-3,0
Manganeso	0,25-1,0
Azufre	0,02-0,25
Fosforo	0,05-1,0

Fuente: Elaboración propia

2.6.6.1 Efectos de los componentes químicos en la fundición gris.

- *Carbono.* - Arriba del 4% baja la calidad del hierro y a su vez le da mayor dureza al hierro.

- *Silicio.* - Este metaloide tiende a disolverse en ferrita aumentando la resistencia del acero, sin disminuir mucho la ductilidad. Promueve la desoxidación del acero líquido a través de la formación de dióxido de silicio, SiO₂, tendiendo así a dar mayor solidez en la pieza fundida, es por ello que el Si resulta fundamental en los aceros fundidos.

- *Manganeso.* - El manganeso también promueve la solidez de las piezas fundidas al acero a través de su acción de desoxidación en acero líquido.

- *Azufre.* – el azufre se encuentra en una concentración muy baja 0,005%, formando con el hierro, sulfuro de hierro (FeS), esto provoca que los granos no se fusionen, provocando grietas en la fundición. en presencia de manganeso, el azufre tiende a formar sulfuro de manganeso (MnS), el cual permanece como inclusiones las cuales se distribuyen en toda la estructura, evitando el efecto del sulfuro de hierro. Además, la presencia del azufre mejora la maquinabilidad, debido a las inclusiones formadas de sulfuro de manganeso.

- *Fósforo.* - El contenido de fósforo se mantiene por debajo del 0.04%, cantidad que tiende a disolverse en ferrita, aumentando ligeramente la resistencia y la dureza. En algunos aceros, una cantidad de fósforo entre el 0.07 y el 0.12%, parece mejorar las propiedades del corte. En mayores proporciones, el fósforo reduce la ductilidad, aumentando con ello la tendencia del acero a agrietarse cuando se trabaja en frío.

2.7 HORNOS ELÉCTRICOS

Existen una gran variedad de hornos utilizados para la fundición de metales tanto ferrosos como no ferrosos en estado líquido con el principal objetivo de producir diferentes tipos de piezas y materia prima para fabricar otras piezas que necesitan un proceso post fundición.

En el siguiente cuadro se puede observar las características principales de los diferentes tipos de hornos.

Tabla 4: Hornos para fundición y fuentes de energía

HORNO PARA FUNDICIÓN Y SU FUENTE DE ENERGÍA				
Ítem	Horno	Aleación	Forma de la fuente de energía	Fuente de energía
1	Llama directa	Hierro Fundido	Bituminoso en polvo	Carbón
2	Cubilote	Hierro Fundido	Antracita	
3	Cubilote	Hierros Fundido	Tamaño medio	Coque
	Horno de crisol	No Ferrosos		
4	Horno de crisol	No ferrosos	Diesel o Residual Diesel o Residual	Petróleo
	Horno de hogar	Hierro, Acero		
	Abierto			
5	Horno de crisol	No ferrosos	Gas licuado de Petróleo o Gas Natural Licuado	Gas
	Horno de hogar	Hierro, Acero		
	Abierto			
6	Horno de arco eléctrico de una, dos o tres fases	Acero,	Arco Directo	
		Hierros Fundidos		
7		No Ferrosos, Fierros Fundidos	Arco Indirecto	Electricidad
	Indirecto			
8	Horno de resistencia	No Ferrosos	Resistencia	
9	Horno de inducción basculante	Todos los metales	Inducción	

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/388-157-786-1-10-20161123%20(1).pdf

De acuerdo al tipo de operación a realizar se debe seleccionar el tipo de horno a ser utilizado en el proceso de fundición, además se debe tener en cuenta algunas consideraciones:

- Costo por mantenimiento y reparación
- Costo de operación
- Costos de la fuente de suministro de energía
- Condiciones ambientales (grado de contaminación ambiental y nivel de ruido)
- Velocidad y temperatura de fusión
- Grado de control de la composición química
- Grado de operatividad.

Como se puede observar el cuadro los hornos utilizados para la obtención de hierro fundido son los de arco eléctrico, inducción, cubilote y llama directa.

2.7.1 Horno de Arco

Un horno de arco eléctrico es aquel que se calienta por un arco eléctrico, es el más versátil de todos los hornos para fabricar acero. No solo puede proporcionar temperaturas hasta 1930 C, sino que también puede controlarse eléctricamente con un alto grado de precisión, debido a que no emplea combustible alguno, no se introduce ningún tipo de impurezas. El resultado es un acero de lo más limpio.

Los tamaños de un horno de arco eléctrico van desde la tonelada de capacidad (utilizado en fundiciones) hasta las 400 toneladas de capacidad utilizada en la industria metalúrgica. Además, existen hornos de laboratorio usados por dentistas que tienen una capacidad de apenas doce gramos.

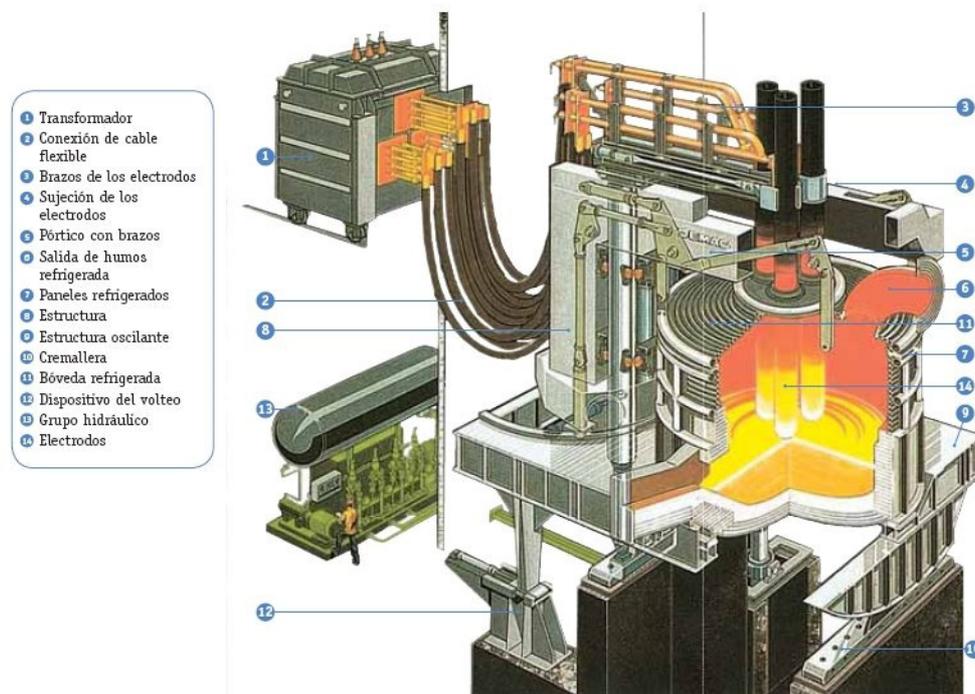


Figura 12: Horno por Arco Eléctrico

Fuente: <https://es.slideshare.net/virilly95/hornos-de-fundicion-46331521>

2.7.2 Horno de Inducción

Un horno de inducción es un horno eléctrico en el que el calor es generado por la inducción eléctrica de un medio conductivo (un metal) en un crisol, alrededor del cual se encuentran enrolladas bobinas magnéticas.

La fundición mediante un horno de inducción es limpia y eficiente desde el punto de vista energético.

Como otra de sus ventajas es la capacidad que tiene para generar una gran cantidad de calor de manera rápida.

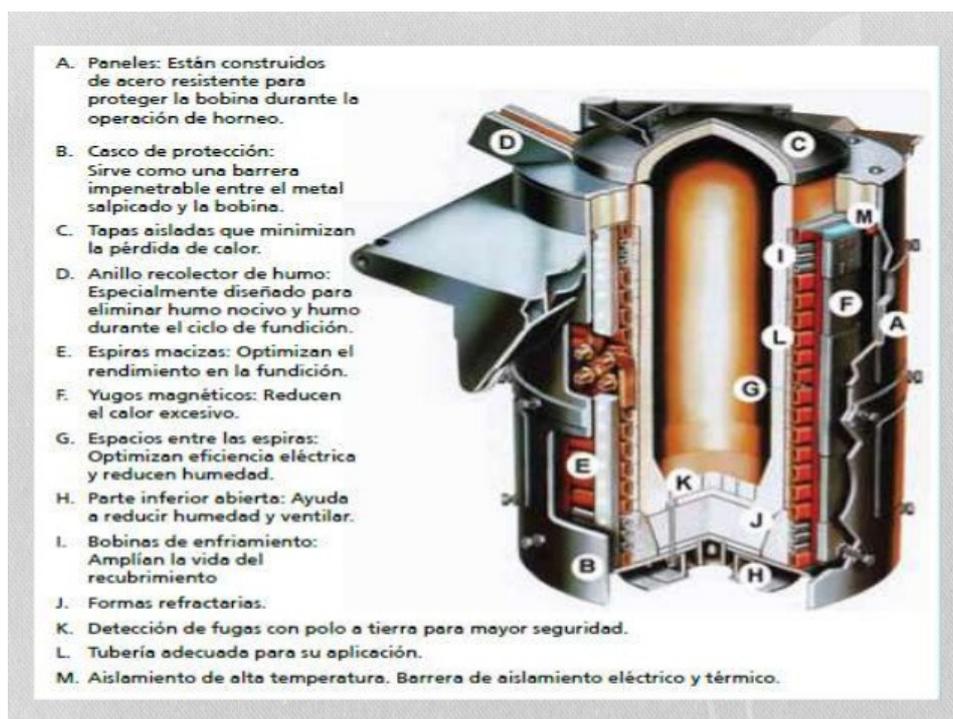


Figura 13: Horno de Inducción

Fuente: <https://es.slideshare.net/virly95/hornos-de-fundicion-46331521>

2.7.2.1 Principales usos de los Hornos de Inducción

Las fundiciones más modernas utilizan este tipo de horno y cada vez más fundiciones están sustituyendo los altos hornos por los de inducción, debido a que aquellos generaban mucho

polvo entre otros contaminantes. Los hornos de inducción pueden ser utilizados para fundir, soldar, tratar o ajustar por contracción cualquier material que sea adecuado para su uso con calor por inducción. El tratamiento puede incluir materiales de recocido, endurecimiento o templado.

2.7.3 Horno de llama directa

El horno de llama directa funciona calentándole en uno de sus extremos, utilizando como combustible generalmente carbón bituminoso, para lo cual el aire que se utiliza para la combustión es precalentado en generadores.

El combustible pulverizado es inyectado a presión, para lo cual se utiliza un triturador rotativo, posteriormente este es inyectado al horno, este tipo de horno también puede utilizar como combustible petróleo o diésel residual.

Para el calentamiento y posterior fundición de los metales la llama y los productos de combustión pasan por la carga metálica, los gases generados salen por una chimenea.

Estos hornos son usados por lo general para la fusión de hierro, fundiciones grises, fundición blanca y maleable.

2.7.4 Horno de cubilote

El principio de fundición de este tipo de horno se basa en que la combustión se la realiza entre las materias primas utilizadas para la fundición. Este tipo de horno es utilizado principalmente para realizar fundiciones grises, las cuales tienen como punto de fusión una temperatura de hasta 1200 °C. En este tipo de horno la materia prima (chatarra) es introducida junto con el coque y fundente.

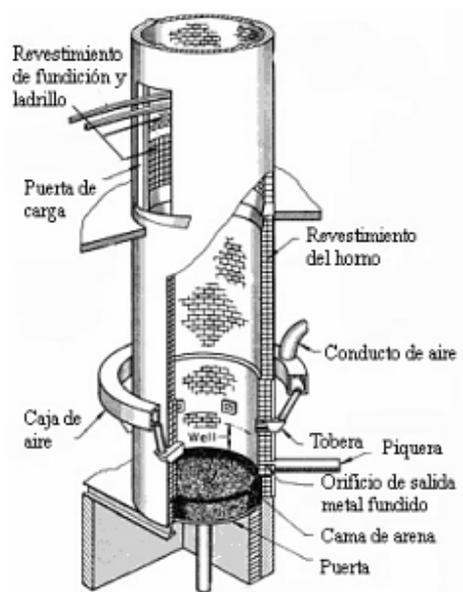


Figura 14: Horno de Cubilote

Fuente: <https://es.slideshare.net/virilly95/hornos-de-fundicion-46331521>

Este tipo de horno se caracteriza por ser una torre vertical de acero cilíndrica, la cual reposa en una base que es sostenida por cuatro vigas de acero, los hornos modernos se los puede abrir en el fondo hacia afuera, puesto que llevan puertas centradas, estas son utilizadas para limpiar el horno y caigan los residuos de la fundición.

Este horno utiliza como carga una mezcla de hierro, coque, fundente y elementos de aleación los cuales son cargados por la parte superior, el coque es el combustible utilizado para calentar el horno, para la combustión del coque se inyecta oxígeno para que este combustione.

Como fundente se utiliza la cal, la cual reacciona con las impurezas y la ceniza que se produce del coque, con esto se forma la escoria que cubre al metal fundido de la atmósfera interior del cubilote, para evitar reacciones, además protege de las pérdidas de calor.

Una de las características importantes de estos hornos es su operación la cual es continua con elevadas velocidades de fusión, lo cual produce grandes cantidades de metal fundido.

2.8 Ferroaleaciones

Las ferroaleaciones son aleaciones de hierro, las cuales tienen elementos de aleación diferentes al carbón, las cuales son utilizadas para mejorar las propiedades de los metales como el acero y las fundiciones, entre las principales ferroaleaciones se distinguen las siguientes

Ferrosilicio. - Este tipo de ferroaleación es utilizada como desoxidante y además como grafitizante del carbón, mejora las propiedades mecánicas de la fundición.

En los aceros inoxidable ayuda a mantener las inclusiones y el contenido de carbón en niveles bajos.

En la producción hierro fundido y aceros el ferrosilicio es esencial en su producción.

Ferro manganeso. - Con la utilización del ferro manganeso las propiedades del hierro y acero se modifican mejorando la resistencia a la tracción, resistencia mecánica resistencia a la abrasión y la dureza, además de mejorar la capacidad de soldadura.

Por lo cual más del 90% de la producción total de manganeso es utilizada como ferroaleación en la industria del acero, tanto como componente de aleación y como agente de desoxidación y desulfuración, logrando con esto una escoria más fluida.

Grafitos y recarburantes. - Son ferroaleaciones que se encargan de incorporar carbono al hierro en estado líquido, mejoran la maquinabilidad del acero, resistencia al calor y la oxidación.

Ferro cromo. - Su principal característica es la de proporcionar una alta resistencia a la corrosión y oxidación, también ayuda a mejorar la resistencia al desgaste.

Esta ferroaleación contiene entre un 50 y 70% de cromo, es utilizada en la industria del acero para producir acero inoxidable con un contenido de 10 a 20% de cromo.

CAPÍTULO 3

OPORTUNIDAD DE NEGOCIO

El objetivo de este capítulo es determinar el tamaño del mercado objetivo al cual ofrecer nuestros productos, conocer los hábitos de compra del consumidor, sus necesidades insatisfechas, y, además, de los motivadores de compra.

Una vez realizada la investigación de fuentes primarias, se tiene hallazgos importantes respecto de los hábitos de compra, entre ellos que la marca no es importante para el consumidor, que el principal disparador de compra es el precio, no existen estadísticas de vida útil de los tambores de frenos ni de parte de los consumidores ni de otras entidades del sector de la automoción.

Desde este dato de entrada del consumidor es posible delinear la estrategia de ingreso al mercado que está claramente definida por una “estrategia de precio”, dado que ese es el único atributo que el consumidor lo toma como importante, esfuerzos de diferenciación solo llevarían a encarecer el producto, además es importante crear economías de escala para el tipo de estrategia escogido.

3.1 Análisis de la Competencia

El proyecto se implementará en Quito, por ser la ciudad que tiene mayor concentración del parque automotor y por la disponibilidad de encontrar mano de obra calificada en la industria, a pesar de que ubicarlo en la capital eleva notablemente los costos, se sugiere y se tiene como alternativa realizar un análisis de programación lineal que permita identificar la mejor ubicación con respecto a los futuros centros de distribución de tal manera que se optimicen costos de logística de entrega y se incrementen los beneficios finales.

El tiempo de vida promedio del parque automotor se establece en 14.9 años, con una frecuencia de cambio de tambores de freno de 1 vez/4 años lo que equivale a 0.25 veces/año.

El total de vehículos considera tanto las unidades vendidas como las matriculadas para el año, como las matriculadas, siendo: $15807+17826= 33093$ unidades de mercado objetivo.

Mas adelante se llevarán a cabo los cálculos para determinar el tamaño del mercado que se pretende alcanzar con esta iniciativa.

3.2 Diseño de la investigación de Mercado

Debido a que el consumidor se considera como un mercado no informado, la realización de las encuestas se limitó a identificar cuáles son los atributos que más valoran los consumidores al hacer su compra, y en base a su experiencia cual es la frecuencia de reposición de los tambores de freno.

Se tomaron fuentes de información secundaria, con datos estadísticos del INEC, asociaciones automotrices, servicio de rentas internas y superintendencia de compañías para con esa información procesar los datos de mercado.

3.3 Resultados de la investigación de Mercado

Los resultados obtenidos de la investigación de mercado se observan en la Tabla 3. Es importante destacar la estimación de la penetración del mercado, donde se utilizó el porcentaje de contribución de la provincia de Pichincha al total de vehículos (buses) matriculados con cierre al año 2016, siendo 23%.

Como ya se ha mencionado, la frecuencia de compra anual es de 0.25 unidades/año ya que la tasa de reposición es de 1 ves/4 años.

La cantidad de unidades que el cliente compra por cada ocasión es de 4 unidades (es el juego, no se cambian ni se venden por unidades).

El precio se consideró el promedio aritmético de los valores observados en el mercado siendo valores en tiendas fijas, además de valores obtenidos del internet en la modalidad de venta persona a persona que sería una compra de oportunidad, ya que estas personas con baja frecuencia son almacenes que mantienen inventario, el precio es de 300 USD para cada tambor es decir 1200 USD/juego.

Tabla 5: Estimación de Market Share.

Tamaño del mercado (USD)	2.283.417
N=Población Geográfica total	33.093
TC=Porcentaje del cliente objetivo en el área geográfica	0,23
Q=Cantidad que el cliente objetivo compra en cada visita/requerimiento	4
F=Frecuencia de compra en el año	0,25
P=Precio del producto	300
MP=Penetración de mercado	16%
Market Share (USD)	365.558

Fuente: Elaboración propia

La población geográfica total son todas las unidades existentes las vendidas (importadas o de fabricación local) y las unidades existentes.

En cuanto al porcentaje del cliente objetivo en el área geográfica, se consideró la información de la Agencia Nacional de Tránsito de vehículos matriculados con cierre 2016, y se estimó la contribución de Pichincha al total siendo 23%, no se considera un valor adicional de contribución de los vehículos nuevos ya que debido a la “crisis” del país no se tiene una tendencia clara de comportamiento del sector.

Con estos valores estimados, se espera tener una cuota de mercado de 365558 USD que representa el 16% del total del mercado.

Para este estudio se tomará como referencia las estadísticas de venta de AEADE, ya que esta revista especializada lleva las estadísticas de venta de los diferentes tipos de vehículos automotores desde el año 2000, con esto se obtendrá valores cercanos de unidades de transporte público que circulan a nivel nacional.

En la siguiente tabla 4 se puede observar el número total de unidades importadas y vendidas a partir del año 2000.

Tabla 6: Unidades importadas de Buses en Ecuador desde el Año 2000.

UNIDADES IMPORTADAS Y VENDIDAS 2000-2016		
AÑO	IMPORTADAS	VENDIDAS
2000	106	232
2001	868	697
2002	939	1109
2003	583	583
2004	617	541
2005	798	1016
2006	964	1175
2007	1046	1297
2008	561	1437
2009	572	1018
2010	1168	1232
2011	1729	1661
2012	1513	1463
2013	1896	1352
2014	469	1303
2015	351	1563
2016	1425	1422
TOTAL	15605	19101

Fuente: Elaboración propia

3.3.1 Tamaño del mercado por provincias

Es necesario analizar en base al número de unidades vendidas por provincia, donde será la mejor locación para la ubicación de las instalaciones. En la siguiente tabla se puede observar el número de buses vendidos por provincia a partir del año 2007.

Tabla 7: Unidades vendidas por provincia a partir del año 2007.

VENTA DE BUSES POR PROVINCIA DESDE EL AÑO 2007											
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	T. x P
AZUAY	140	79	167	186	245	213	115	114	70	87	1416
GUAYAS	373	379	143	226	321	416	229	133	219	204	2643
MANABI	36	7	15	19	33	15	28	35	60	68	316
PICHINCHA	605	545	444	408	619	437	436	502	721	562	5279
TUNGURAHUA	123	388	226	364	412	348	460	468	470	448	3707
OTRAS	284	29	27	37	29	34	83	45	125	53	746
										T. VENDIDOS	14107

Fuente: Elaboración propia

La mayor cantidad de buses vendidos se encuentran en la provincia de pichincha por lo tanto este debe ser la ubicación geográfica donde se puede comercializar los tambores de freno.

3.3.2 Importaciones de tambores de freno

Los datos de importación de tambores se encuentran en la base de datos del Banco Central del Ecuador y están expresados en toneladas por año, para tener acceso es necesario contar con la información de la subpartida, en este caso en particular se encontró información desde 1990 hasta 2013.

Con los datos obtenidos se realizó una proyección lineal a fin de obtener los valores hasta el año 2018.

Tabla 8: Toneladas de tambores importadas.

Toneladas de tambores importadas por año			
Subpartida	Descripción	Año	Tonelada
87083021	Tambores	2008	888,92
		2009	684,07
		2010	739,82
		2011	991,28
		2012	832,53
		2013	1141,38

Fuente: Elaboración propia

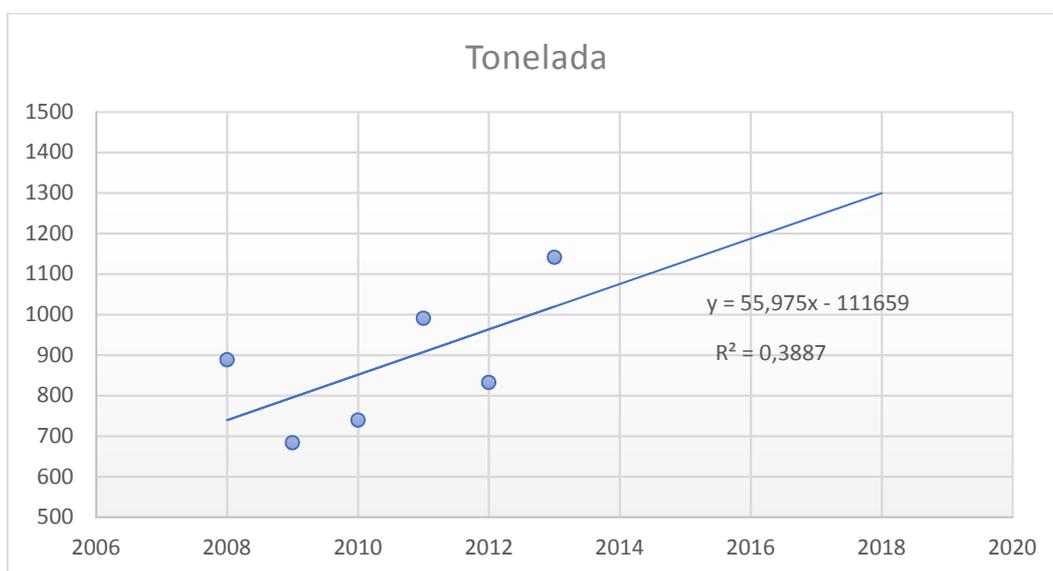


Gráfico: Proyección de toneladas importadas hasta el año 2018

3.3.2.1 Principales países de importación

Tabla 9: Toneladas de tambores importadas

SUBPARTIDA	DESCRIPCIÓN	PAIS	TONELADAS
NANDINA	NANDINA		
		COLOMBIA	1725,15
		BRASIL	1278,61
		CHINA	463,73
		ESTADOS UNIDOS	123,75
		INDIA	266,4
		ALEMANIA	197,45
		JAPON	13,61
		COREA (SUR)	26,02
8708302100	TAMBORES	MALASIA	52,14
		HONG KONG	28,02
		TAILANDIA	3,45
		BELGICA	16,09
		TURQUIA	16,75
		SUECIA	7,34
		MEXICO	1,49
		TAIWAN	3,04
		PANAMA	5,69
		OTROS	4,97
TOTAL			4233,7

Fuente: elaboración propia

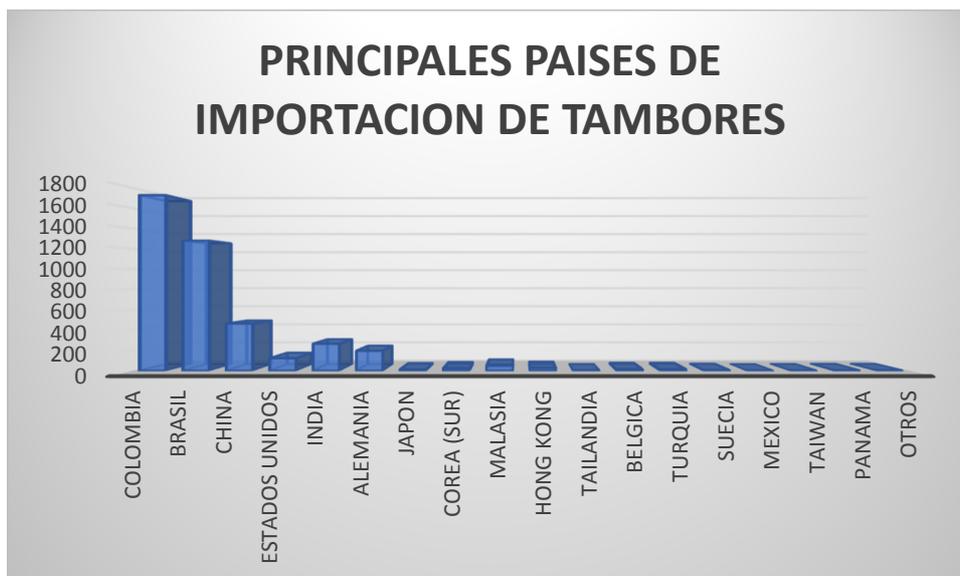


Figura 15: Países de los cuales se importa tambores
Fuente: elaboración propia

CAPITULO 4

ESTUDIO TÉCNICO – FABRICACIÓN

Para la fabricación del tambor de freno se utilizará como materia prima ferro silicio y chatarra que es metal viejo o retazos sobrantes de acero, existe una gran variedad de chatarra, esta puede ser de autos colisionados, motores de combustión interna, tubería vieja, restos de varilla de construcción, barcos, metal utilizado para la fabricación de electrodomésticos en línea blanca.

4.1 Obtención de la chatarra como materia prima

La chatarra ferrosa puede proceder de tres áreas:

De origen propio. - esta es generada en fábricas de fundición y laminación, estos retazos sobrantes luego del proceso son recuperadas y re-utilizadas en la misma planta.

Origen industrial. - este tipo de chatarra son sobrantes de recortes y mermas, que surgen en el proceso de elaboración de un producto para consumo, entre los cuales se puede enumerar los siguientes, latas de atún, recipientes de acero, aerosoles, automóviles, barcos, estructuras metálicas, en la industria de la construcción, trenes, etc.

Obsoletas. - esta procede de bienes de consumo que han cumplido su vida útil, este tipo de chatarra representa un porcentaje alto entre los residuos metálicos, este tipo de chatarra requiere de gran esfuerzo referido a su recolección, además se la tiene que clasificar, ya que en este caso estos bienes, están conformados con diferentes materiales ferrosos y no ferrosos.

4.2 Tipos de Chatarra

La chatarra es clasificada de acuerdo a un sinnúmero de características como pueden ser, por su peso, por el tipo de material, por el origen, entre otras.

4.2.1 Busheling Chatarra liviana

Como característica principal de esta chátara es su procedencia ya que es de procesos industriales, se obtiene restos de planchas metálicas, de procesos de troquelado, estampados, de metalmecánica, este tipo de chatarra es limpia y no contiene ningún tipo de recubrimiento metálico.

Tabla 10: Composición química Busheling Chatarra liviana.

	Cu	Cr	Ni	Sn	Mo	Al
MUESTRA	0,01	0,012	<0,002	-	-	-
NORMA ASTM	0,10	0,05	0,05	0,01	0,02	-

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Carrocerías

Este tipo de chatarra procede de vehículos motorizados como automóviles, buses, camiones, etc.

Tabla 11: Composición química Chatarra Carrocerías.

	Cu	Cr	Ni	Sn	Mo
MUESTRA	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
NORMA ASTM	0,40	0,15	0,10	0,01	0,05

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Hierro fundido

Este tipo de chatarra se obtiene de restos de bloques de motores tanto de automóviles como de barcos, tuberías, piezas creadas por fundición, bancadas de maquinaria industrial, como característica principal es su alto contenido de carbón.

Tabla 12: Composición química hierro fundido.

	C	P	Cu	Cr	Ni	Sn	Mo
MUESTRA	5,00	0,10	0,50	0,30	0,30	-	-
NORMA ASTM	3,00	0,04	0,25	0,02	0,02	0,01	0,02

Fuente: Elaboración propia



Figura 16: Chatarra sin procesar.

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Chatarra shredder

Este tipo de chatarra toma este nombre ya que es procesada por una trituradora de nombre Shredder, en esta máquina entran piezas de hierro y acero las cuales son trituradas y obtienen una dimensión homogénea, además de quedar libre de suciedad, ya que el metal ferroso es separada por medio de unos rodillos magnéticos del resto de materiales no ferrosos.

Esta chatarra es obtenida de restos de láminas metálicas, automóviles compactados, chatarra doméstica.

Tabla 13: Composición química Chatarra shreader.

	Cu	Cr	Ni	Sn	Mo
MUESTRA	-	-	-	-	-
NORMA ASTM	0,38	0,18	0,23	N/D	N/D

Fuente: Elaboración propia



Figura 17: Chatarra sin procesar.

Fuente: Elaboración propia



Figura 18: Chatarra procesada.

Fuente: Elaboración propia

Los tipos de chatarra existente en el país utilizados en la fundición, fueron proporcionados por la empresa Adelca, ya que esta se dedica a la elaboración de barilla para construcción, utilizando como materia prima la chatarra.

Para la elaboración de los tambores de freno se utilizará como materia prima el hierro fundido, puesto que la composición química no difiere mucho de la deseada según la norma SAE, se debe acotar que en caso de que algún porcentaje de los elementos aleantes faltase se

procedera a agregarlo en el proceso de fundición, en la siguiente tabla se puede observar la comparación química de los diferentes tipos de chatarra.

Tabla 14: Comparación composición química de los diferentes tipos de chatarra.

	C	P	Cu	Cr	Ni	Sn	Mo
Chatarra liviana	-	-	0,01	0,012	<0,002	-	-
Carrocerías	-	-	-	-	-	-	-
Hierro fundido	5,00	0,10	0,50	0,30	0,30	-	-
Chatarra Shreader	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Laboratorio Adelca

4.3 Proceso de fabricación del tambor de freno

La fabricación por fundición se practica desde el año 2000 ac. El proceso para la fundición del tambor de freno, se basa en vaciar metal fundido en un recipiente que contiene la forma del tambor, se espera que se enfríe y tome dureza, después de esto se debe limpiar y maquinar para llegar a las medidas, tolerancias y acabado deseado.

El proceso para obtener un tambor como producto final: diseño del tambor, elaboración del plano, diseño del modelo, diseño del molde, preparación del material, colado de la fundición gris, enfriamiento de los moldes, extracción del tambor de freno del molde, limpieza del tambor, maquinado, control de calidad.

Diagrama de flujo:

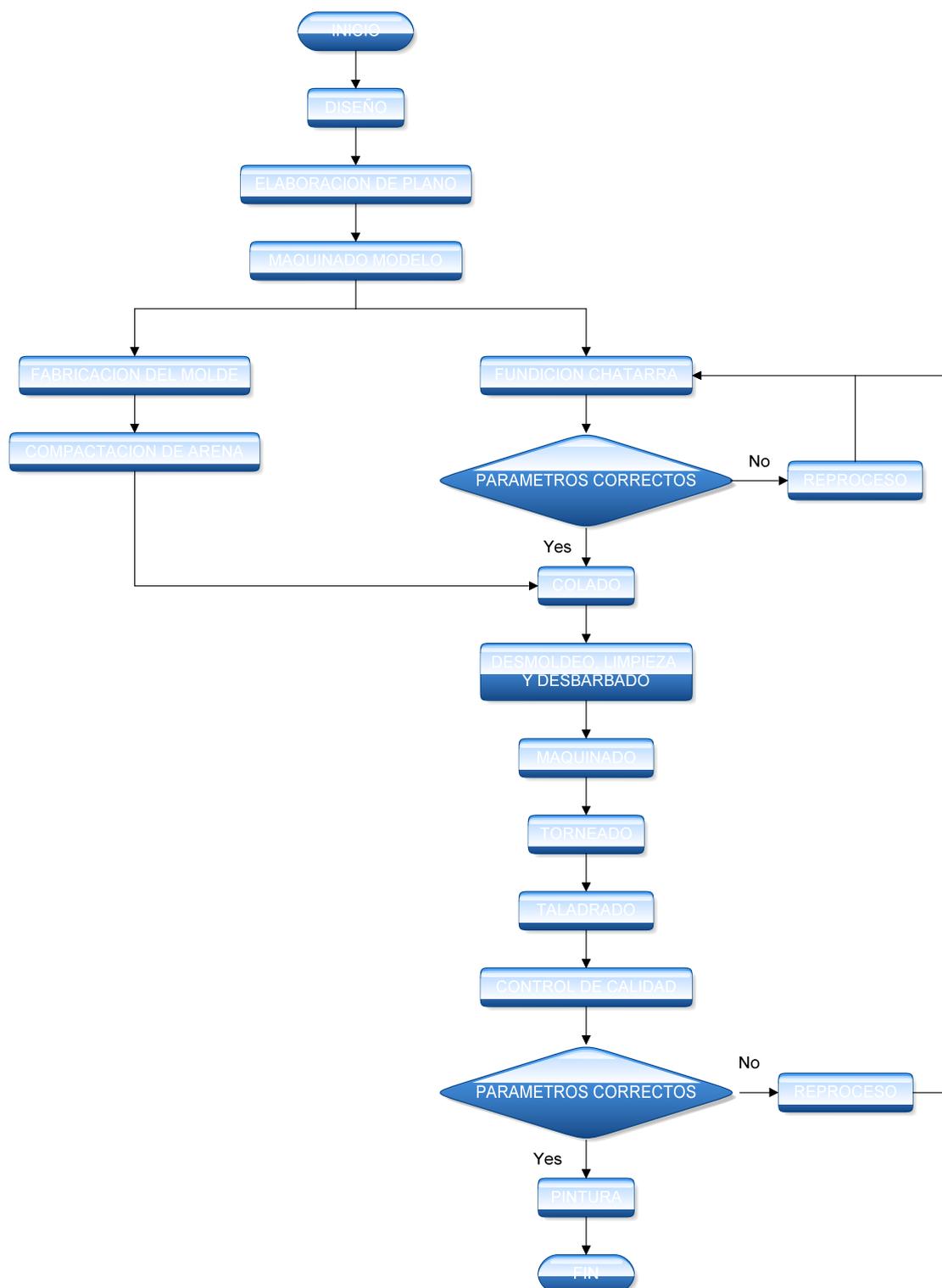


Figura 19: Diagrama de flujo proceso de fabricación tambor de freno.
Fuente: Elaboración propia

4.3.1 Diseño del tambor

El diseño del tambor implica el conocimiento de cálculos complejos, tomar muchas decisiones de diseño, encontrar datos en tablas, normas y graficas.

Además, para el diseño del tambor se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos como son: el sobredimensionamiento por contracción del material y el sobredimensionamiento por maquinado.

4.3.1.1 Análisis de estrés del tambor de freno

Para la fabricación del tambor es importante realizar un análisis de esfuerzos que actúan en el tambor de freno, esto se lo realiza con el objetivo de conocer si los parámetros de diseño son los correctos, para realizar la fabricación del tambor.

Es necesario conocer la carga que soportara el tambor de freno y sus medidas, para este caso se escogió un tambor de freno utilizado en los buses ESCANIA K112.

Para este análisis se ha utilizado un software de diseño, para este caso Autodesk Inventor.

Características de carga bus SCANIA K112 (Urbano).

Carga máxima en el eje delantero: 6500 kg

Carga máxima en el eje trasero: 11000 kg

Peso bruto del vehículo (PBV): 17500 kg

Para el cálculo de la fuerza necesaria que se necesita para detener un vehículo es necesario considerar el peso bruto del vehículo y la velocidad máxima de desplazamiento, puesto que esta hace que se necesite más fuerza de frenado para detener el vehículo.

Datos:

- Masa = 17500kg
- Velocidad Máxima = 160km/h (valor máximo asumido)
- Distancia de frenado = Df?
- F=masa x aceleración?
- Aceleración a?

➤ *Ecuación Df.*

$$Df(m) = \frac{V^2 km/h}{200}$$

$$Df(m) = \frac{160^2 km/h}{200}$$

$$Df(m) = 128m$$

Para esta fórmula no se considera el estado de terreno (tipo de calzada), ni vientos laterales, esta lo considera en condiciones ideales.

- *Aceleración*

Como se debe entender la velocidad final es cero, puesto que el vehículo llegaría a frenarse por completo.

$$Vi = 44,44m/s$$

$$V_f = 0 \text{ m/s}$$

$$D_f = 128 \text{ m}$$

$$a = ?$$

La aceleración se puede calcular a partir de la expresión: $V_i^2 = V_f^2 + 2aD_f$, de esta ecuación se despeja a (aceleración).

$$a = \frac{V_i^2 \text{ m/s} - V_f^2 \text{ m/s}}{2 * D_f \text{ (m)}}$$

$$a = \frac{44,44^2 \text{ m/s} - 0^2}{2 * 128 \text{ m}}$$

$$a = 7,715 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Fuerza de frenado} = F = m * a$$

$$F = m \text{ (kg)} * a \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

$$F = 17500 \text{ (kg)} * 7,715 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

$$\text{Resultado 1} \quad F = 135012,5 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 135012,5 \text{ N}$$

Medidas generales del tambor de freno:

Diámetro de pista de freno 412,75mm

Ancho de pista de freno 266mm

Diámetro de manzana 295mm

Distancia entre centros 335mm

Agujeros X diámetro 10x23,5mm

Altura total 320mm

- *Calculo área de trabajo tambor de freno.*

Para el análisis de esfuerzos del tambor de freno es necesario conocer la superficie de trabajo, para lo cual se procede a calcular en base a los datos que se tiene del tambor.

- *Perímetro.*

Para esto nada más es la multiplicación de π por el diámetro de pista del tambor.

$$P = \pi * d$$

$$P = \pi * 412,75mm$$

$$P = 1296,692mm$$

- *Formula del área*

Para esto simplemente se multiplica el perímetro ya calculado por el ancho de pista del tambor.

$$A = P * h$$

$$A = 1296,692mm * 266mm$$

Resultado 2 $A = 344920,17mm^2 \equiv 0,34492017m^2$

Con los resultados obtenidos del resultado 1 y 2, se procede a calcular la presión de frenado para lo cual se utilizó la fórmula $P = F/A$, puesto que el programa de diseño Autodesk Inventor, requiere de este valor para realizar el análisis.

$$F = 135012,5N \equiv 135,0125 \text{ kN}$$

$$A = 344920,17 \text{ mm}^2$$

Se debe considerar que la superficie de contacto de frenado no es el 100% de la misma, sino un 75 %.

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{135,0125 \text{ kN}}{0,34492017 * (.75) \text{ m}^2}$$

$$P = 0,522 \text{ Mpa}$$

4.3.1.2 Dilatación térmica

El tambor de freno al estar sometido a altas cargas de fricción para detener el vehículo, este aumenta su temperatura por lo cual sufre una expansión de su área, esta expansión hace que cambie sus dimensiones, puesto que la temperatura de trabajo puede llegar a los 750°C.

Para el cálculo del incremento de área del tambor se toman los siguientes parámetros:

- Temperatura final T^f 750°C
- Temperatura inicial T^i 15°C (t° promedio en la ciudad de Quito)
- Coeficiente de dilatación $23,4 \times 10^{-6}$
- Área $0,34492017 \text{ m}^2$ (Resultado 2)

Ecuación de dilatación térmica:

$$\Delta T = \gamma * A_t(T^{\circ}f - T^{\circ}i)$$

Remplazando:

$$\Delta T = 23,4 \times 10^{-6} * 0,34492017m^2(750^{\circ}C - 15^{\circ}C)$$

Resultado:

$$\Delta T = 5,93 \times 10^{-3}m^2 \equiv 0,00593m^2$$

Como se puede observar el valor calculado es mínimo, esto quiere decir que la temperatura no afecta de forma considerable al tambor de freno.

4.3.2 Informe análisis de estrés para el tambor de freno

Archivo analizado:	Campana de freno Scania.ipt
<hr/>	
Versión de Autodesk Inventor:	2018 (Build 220112000, 112)
Fecha de creación:	26/03/2018, 20:01
Autor del estudio:	Angel Astudillo L.
Resumen:	

Propiedades físicas

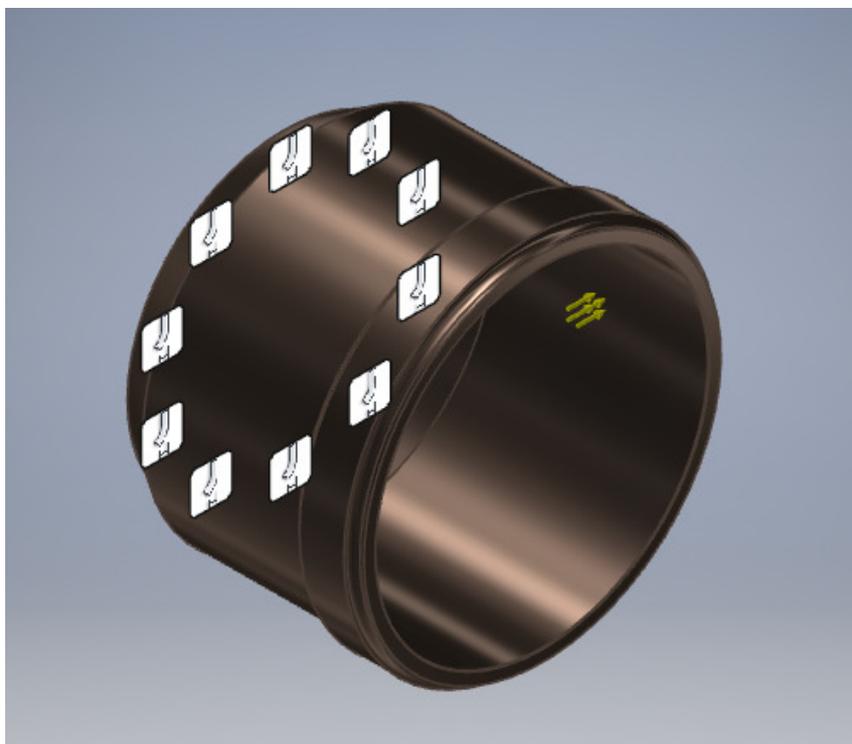
Material	Hierro, fundido gris ASTM A-48 Grado 25
Densidad	7,15 g/cm ³
Masa	57,0317 kg
Área	994052 mm ²
Volumen	7976460 mm ³
Centro de gravedad	x=-159,894 mm
	y=0 mm
	z=0 mm

Material

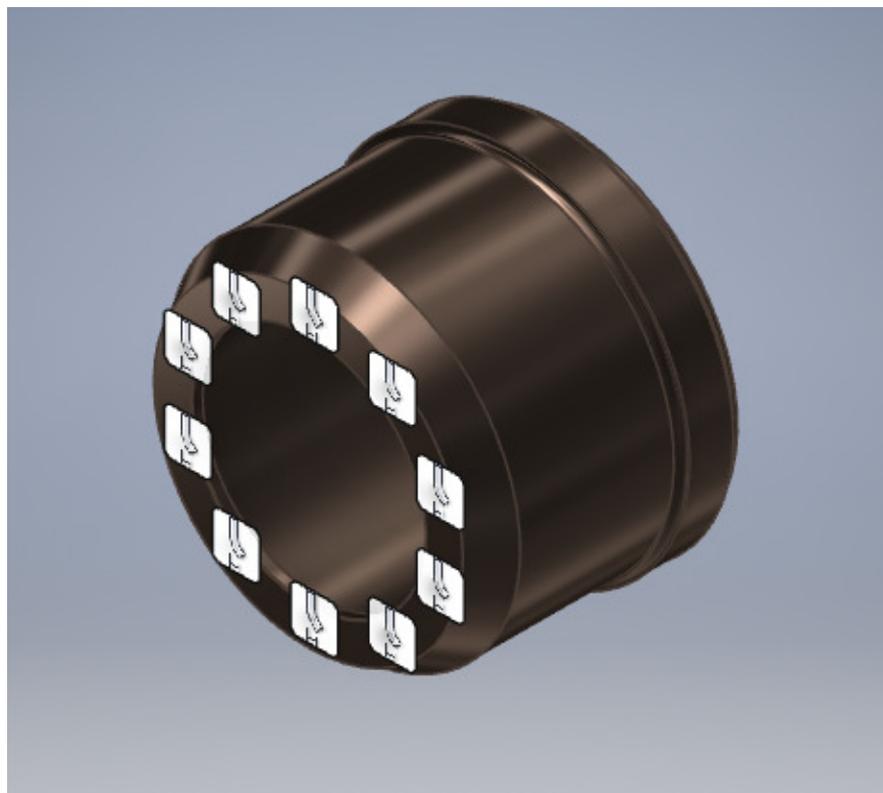
Nombre	Hierro, fundido gris ASTM A-48 Grado 25	
General	Densidad de masa	7,15 g/cm ³
	Límite de elasticidad	165,473 MPa
	Resistencia máxima a tracción	172,368 MPa
	Módulo de Young	68,9472 GPa
Tensión	Coefficiente de Poisson	0,22 su
	Módulo cortante	28,257 GPa
Nombre(s) de pieza	campana de freno Scania	

Condiciones de funcionamiento

Tipo de carga	Presión
Magnitud	0,522 MPa



Tipo de restricción Restricción fija

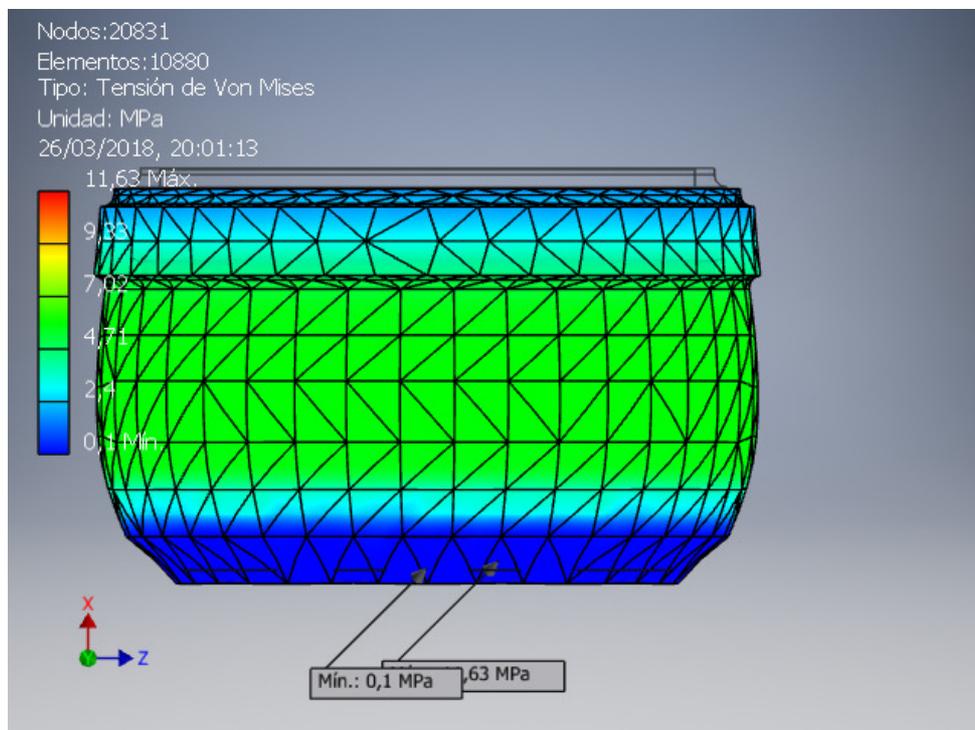


Resumen de resultados

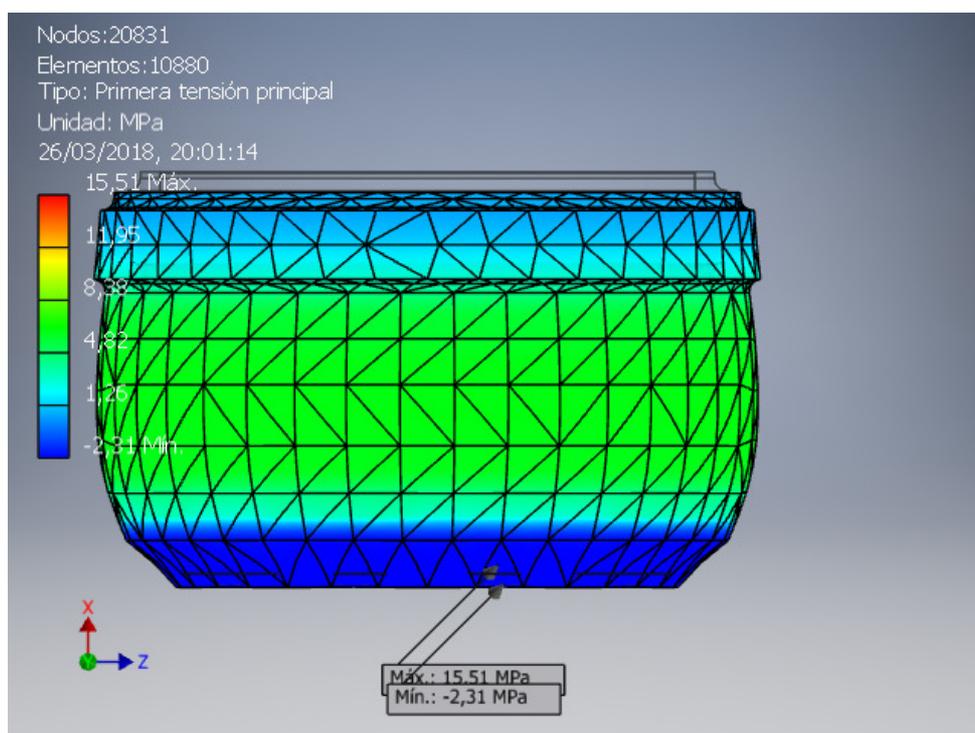
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	7976460 mm ³	
Masa	57,0317 kg	
Tensión de Von Mises	0,09553 MPa	11,6339 MPa
Primera tensión principal	-2,30776 MPa	15,5101 MPa
Tercera tensión principal	-13,1349 MPa	3,63376 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0251813 mm
Coefficiente de seguridad	14,2234 su	15 su
Tensión XX	-2,70279 MPa	4,19783 MPa
Tensión XY	-2,73496 MPa	4,38584 MPa
Tensión XZ	-3,7639 MPa	3,56733 MPa
Tensión YY	-9,86641 MPa	14,0259 MPa
Tensión YZ	-4,62931 MPa	4,77051 MPa
Tensión ZZ	-9,58814 MPa	12,0872 MPa
Desplazamiento X	-0,0118382 mm	0,00136055 mm
Desplazamiento Y	-0,0235826 mm	0,0235886 mm
Desplazamiento Z	-0,0236386 mm	0,023637 mm
Deformación equivalente	0,00000116042 su	0,000163642 su
Primera deformación principal	0,000000777199 su	0,000200168 su
Tercera deformación principal	-0,00017587 su	-0,000000667643 su
Deformación XX	-0,0000499047 su	0,0000356632 su
Deformación XY	-0,0000483943 su	0,0000776061 su
Deformación XZ	-0,0000666011 su	0,0000631228 su
Deformación YY	-0,000125963 su	0,000173906 su
Deformación YZ	-0,0000819142 su	0,0000844128 su
Deformación ZZ	-0,000123891 su	0,000157829 su

Graficas de Resumen después de simulación

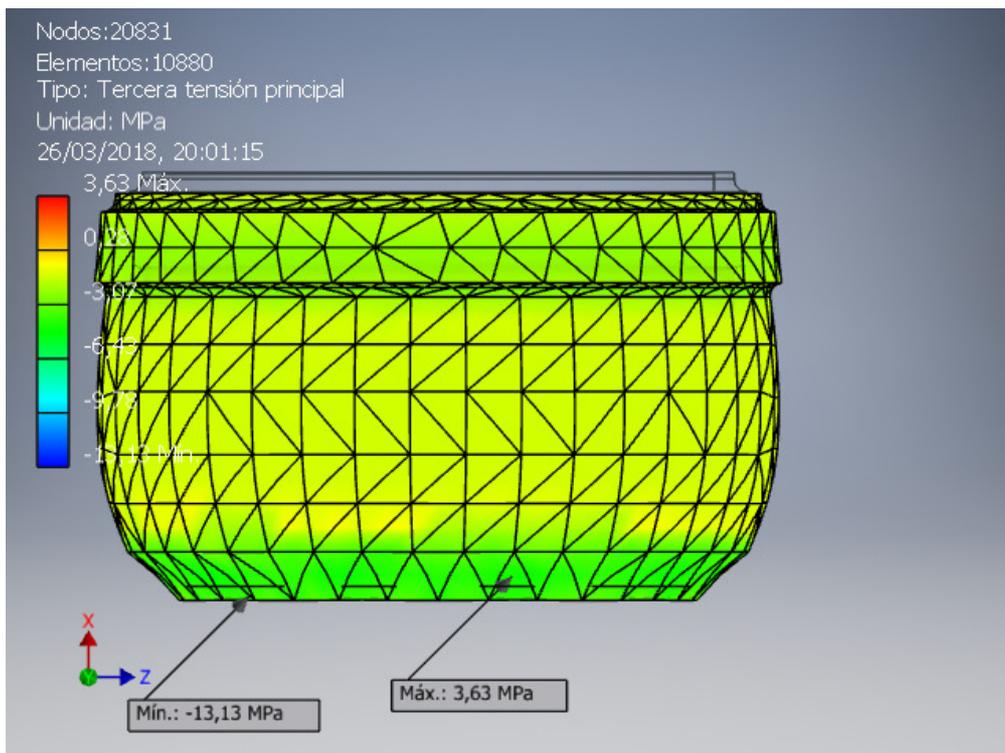
Tensión de Von Mises



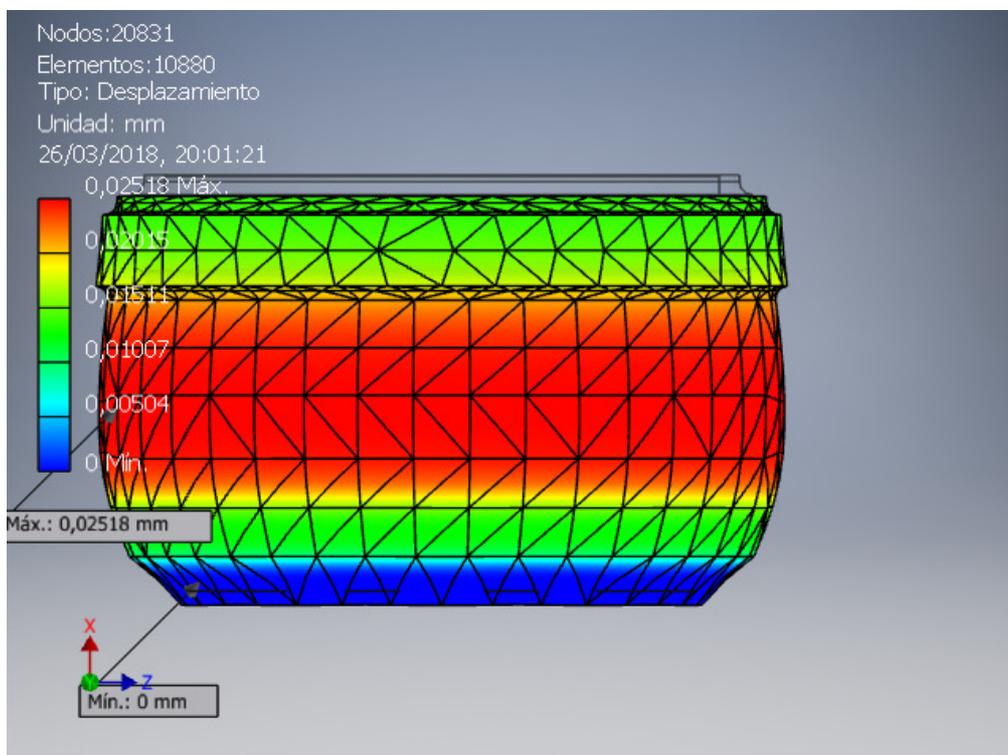
Primera tensión principal



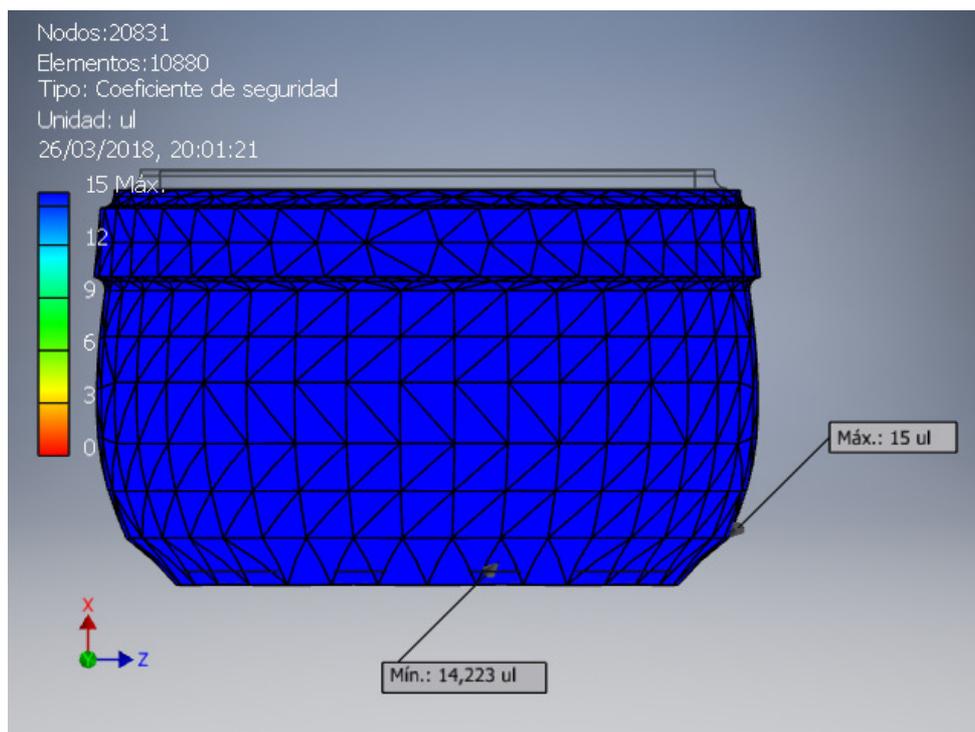
Tercera tensión principal



Desplazamiento



Coefficiente de seguridad



4.3.3 Sobredimensionamiento por contracción.

Este sobredimensionamiento se da por la contracción del material cuando empieza el proceso de solidificación por enfriamiento.

Los valores de contracción de los materiales vienen expresados en porcentaje y este valor debe ser agregado al volumen del tambor.

Tipo de pieza y aleación	E %	
	Frenada	Libre
Fundición gris		
Moldes pequeños y medianos	0,9	1
Moldes medianos y grandes	0,8	0,9
Moldes muy grandes		
Formas cilíndricas especiales	0,7	0,8
Por la longitud	0,8	0,9
Por el diámetro	0,5	0,7
Fundición de acero		
Al carbono de construcción y baja aleación	1,3-1,7	1,6-2,0
Al cromo y de alta aleación	1,0-1,4	1,3-1,7
Aceros ferrito-austeníticos	1,5-1,9	1,8-2,2
Aceros austeníticos	1,7-2,0	2,0-2,3
Fundición no-ferrosas		
Bronce al estaño	1,2	1,4
Bronce sin estaño	1,6-1,8	2,0-2,2
Latones con Zn	1,5-1,7	1,8-2,0

Tabla 15: Contracción de diferentes tipos de acero.
Fuente: Diseño de elementos de maquinas

Calculo de sobredimensionamiento por contracción:

Masa 57,0317 kg

Fundición gris libre 1% (E)

Por lo tanto:

$$Sc = M * (\%E \left(M * \frac{1}{100} \right))$$

$$Sc = 57,0317 * \left(57,0317 * \frac{1\%}{100\%} \right)$$

$$Sc = 57,60kg$$

4.3.4 Sobredimensionamiento por maquinado

Se debe tener muy en cuenta que luego de que la pieza ya está fundida se debe realizar un maquinado para obtener el acabado y dimensiones requeridas según el plano de construcción, para lo cual se adiciona mayor material a las paredes del tambor.

Las dimensiones que interfieren en el sobredimensionamiento es la dimensión básica y determinante, para seleccionar el valor de sobremedida para el tambor de freno, tabla 3.

La dimensión básica es el diámetro interno y la determinante es el diámetro externo del tambor.

Grado de precisión C-2											
Dimensión básica (mm)	Dimensión determinante (mm)										
	Más de / hasta (mm)										
Más de - a	30	30 80	80 180	180 315	315 500	500 800	800 1250	1250 2000	2000 3150	3150 5000	5000 8000
0-30	2,5	3	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10
30-80	2,5	3	3,5	3,5	4,5	5	6	7	8	9	10
80-100	3	3,5	4	4	4,5	5	6	7	8	9	10
180-315	3	3,5	4	4	4,5	6	7	8	9	10	11
315-500	3,5	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	11
500-800	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	11
800-1250	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	11	12
1250-2000	4	4,5	5	5,5	6	7	8	10	11	12	13
2000-3150	4,5	5	5,5	6	7	8	9	11	12	13	14
3150-5000	5	6	6,5	7	8	9	10	12	13	14	14
5000-8000	6	7	7,5	8	9	10	11	13	14	14	26

Tabla 16: sobredimensionamiento por maquinado.
Fuente Diseño de elementos de máquinas

Esta tabla sirve para cualquier tipo de fundición que no sean de acero y moldeadas por máquina.

Medidas para el sobredimensionamiento por maquinado:

- Dimensión básica 413mm

- Dimensión determinante 463mm

Según la tabla el valor de sobredimensionamiento es 5mm, este aumento será incluido en las dimensiones totales del modelo.

4.3.5 Elaboración del plano

En el plano se representa el tambor de freno, con el propósito de proporcionar información suficiente para su construcción, su tipo de acabado, sus tolerancias, además de temperaturas de fusión de la fundición gris. (ver anexo B, C, D, E, F)

El plano fue realizado en Autodesk Inventor 2018, este programa es de fácil utilización y nos permite obtener valores como volumen y masa, esta información es necesaria para la preparación de la colada para la fabricación del tambor.

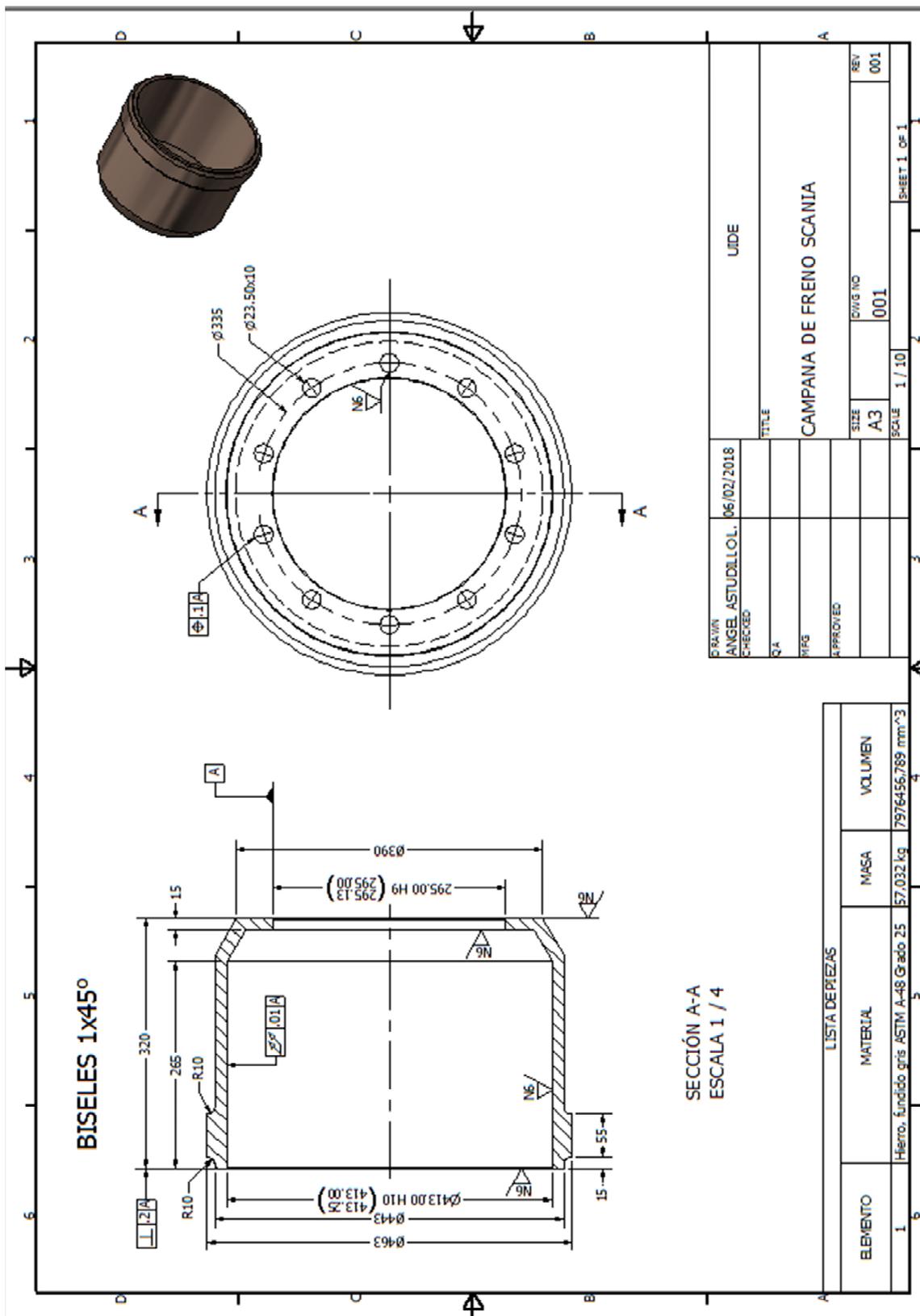


Figura 20: Plano freno de tambor Scania
Fuente: Elaboración propia

4.3.6 Fabricación del modelo

El modelo no es más que la representación en escala real de la pieza a fundir en este caso el tambor de freno, pero este debe considerar tolerancias de contracción y de maquinado, para lo cual el modelo debe ser ligeramente agrandado.

Las dimensiones del modelo deben ser calculadas de tal manera que la contracción metálica no afecte en las dimensiones finales de la pieza, también a esto se debe sumar los sobre espesores para el maquinado, son puntos importantes que se deben tener en cuenta para la fabricación del modelo.

Medidas para el modelo del tambor.

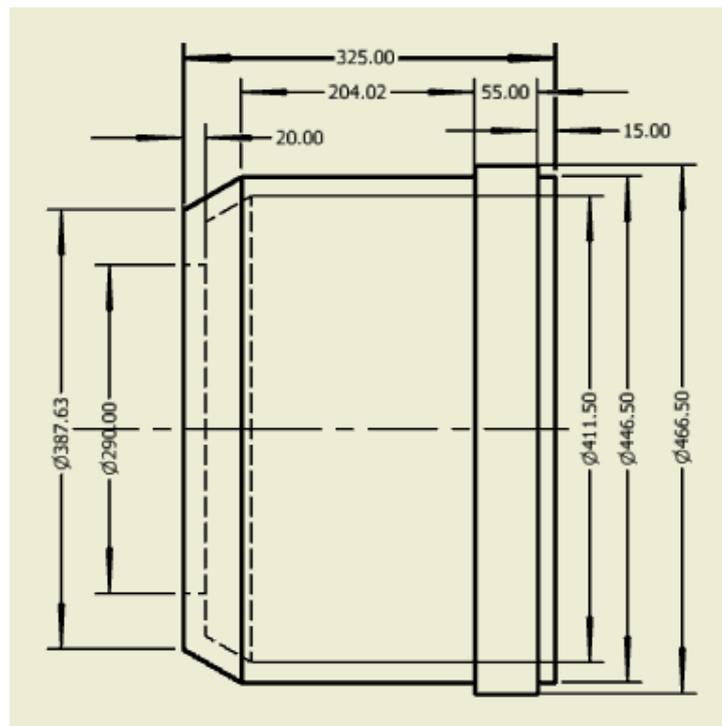


Figura 21: Esquema medidas modelo.
Fuente: elaboración propia

Masa total para la fundición:

- Masa tambor 57,0317 kg
- Masa sobremedida por maquinado 12,20 kg

- Masa por contracción 0,5683kg

$$\text{Masa total} = M_t + M_{sm} + M_c$$

$$M_t = 57,0317\text{kg} + 12,20\text{kg} + 0,583\text{kg}$$

$$M_t = 69,8147\text{kg}$$

4.3.7 Elaboración del molde

El molde es el conjunto que se forma por la cavidad formada por el molde y la arena que es apisonada alrededor de él.

Para la formación del molde se debe realizar un conjunto de actividades que transforman la arena silico-arcillosa en la cavidad donde va a ser vertida la colada, para esto la arena debe ser compactada dentro de la caja de moldeo.

Para obtener esta mezcla de moldeo es necesario añadir a la arena componentes adecuados que hagan que el colado sea satisfactorio, estas propiedades son: permeabilidad, cohesión, refractariedad, dureza entre otras.

4.3.8 Colado de la fundición gris

Una vez que el hierro fundido ha llegado a su temperatura de fusión 1200°C y por ende se encuentra en estado líquido, se procede a vaciarlo a la cuchara de colada y es vertido en el molde de arena.

Luego de que la pieza fundida se enfría esta se solidifica, es sometida a varias operaciones posteriores para obtener el resultado final.

4.3.9 Desmoldeo, limpieza y corte de rebabas.

El desmoldeo no es nada más que la separación de las arenas de moldeo con la pieza fundida, que se encuentra dentro del molde de arena, esto se lo realiza de forma manual utilizando una herramienta tipo cincel o en una máquina de vibración.

La limpieza y desbarbado se lo realiza una vez extraída la pieza del molde, esto se lo realiza para retirar los conductos de alimentación y rebabas, además de limpiar toda la arena incrustada en la pieza.

Flujograma de actividades:

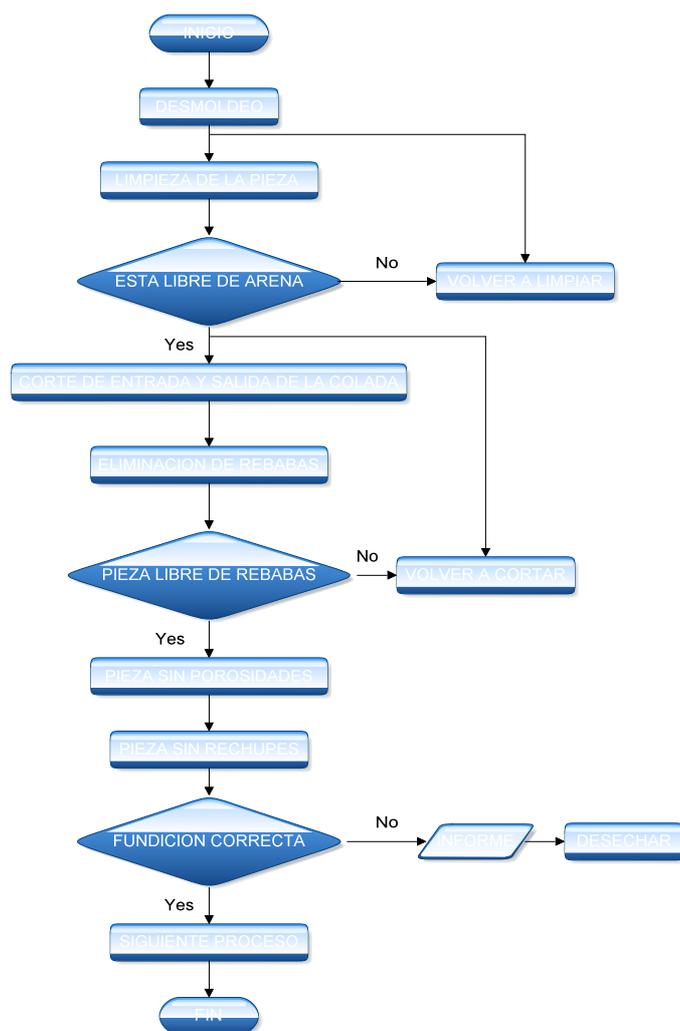


Figura 22:Desmoldeo limpieza y corte de rebabas.
Fuente: Elaboración propia

4.3.10 Maquinado

Para que el tambor de freno llegue a las dimensiones y acabado superficial requerido se debe realizar operaciones de mecanizado esto se realiza puesto que este debe acoplar con otros elementos por eso la importancia de un buen acabado y precisión.

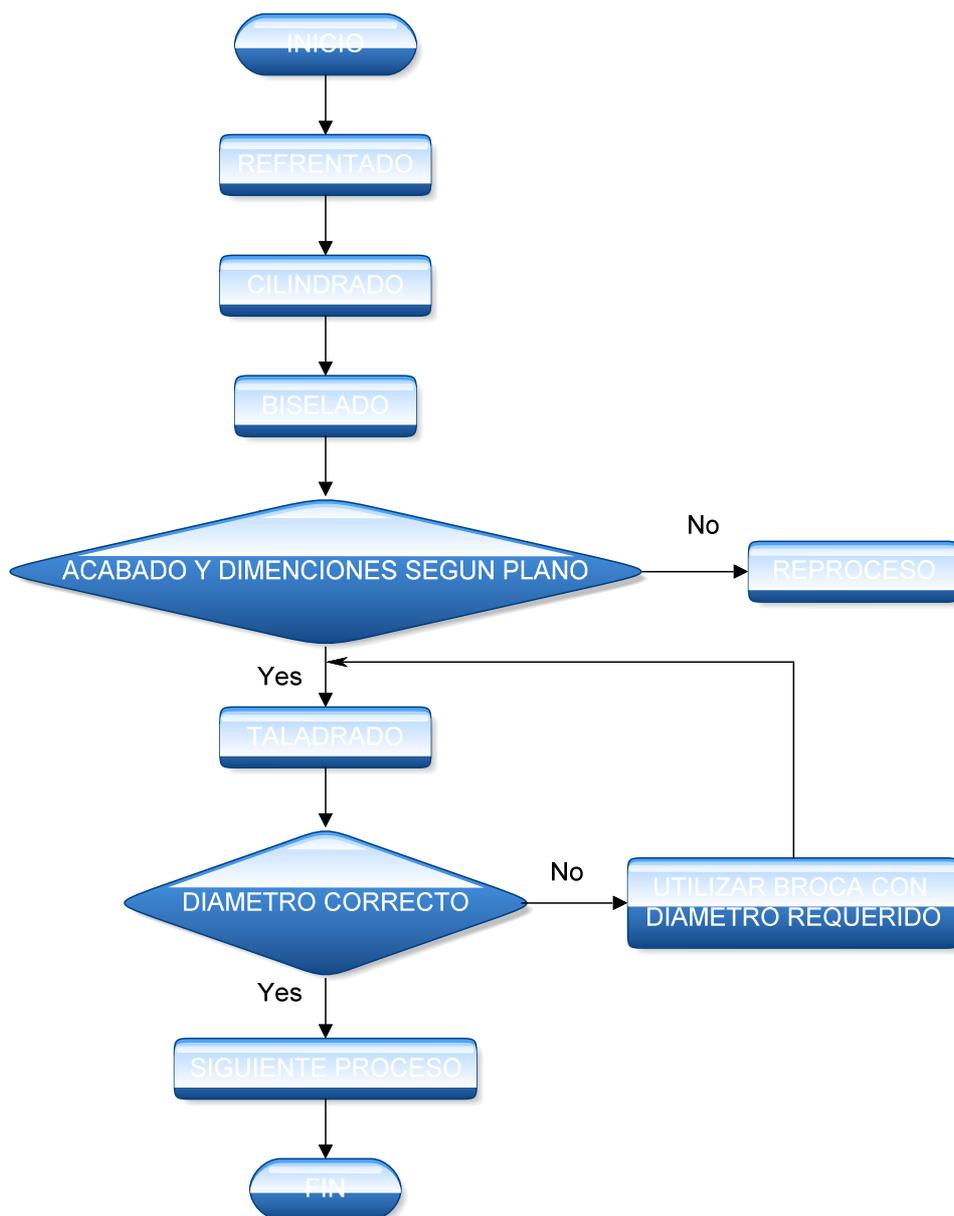


Figura 23:Diagrama de flujo maquinado .
Fuente: Elaboración propia

4.3.10.1 Torneado

Las operaciones que se realizan con el torno es un cilindrado interior, cilindrado exterior y refrentado, estas operaciones se realizan con el fin de balancear y llegar a las dimensiones especificadas en el plano, además de obtener una superficie homogénea para un buen acoplamiento de las zapatas con la pista interna del tambor.

Tabla 17: Tipo de operación y herramientas.

OPERACIONES DE MAQUINADO					
No.	Proceso	Maquina	Herramienta	Parámetros	Observación
1	Cilindrado pista de freno	Torno	Cuchilla	27m/min	Avance 0,2 mm/rev
2	Cilindrado exterior	Torno	Acero rápido	27m/min	Avance 0,8 mm/rev
3	Refrentado interior	Torno		48m/min	Avance 0,2 mm/rev
4	Refrentado de base	Torno		48m/min	Avance 0,2 mm/rev
5	Cilindrado Ø manzana	Torno		27m/min	Avance 0,2 mm/rev

Fuente: Elaboración propia

Nota: los valores de avance y tipo de herramienta de corte se encuentran en el Anexo G y H.

4.3.10.2 Taladrado

Para este procedimiento es necesario utilizar una fresadora, en este equipo se realiza los taladros, estos deben ser perforados al diámetro correcto y ángulo indicado en el plano, caso contrario no acoplaría en los espárragos de sujeción del tambor, además es necesario biselar los taladros, para evitar ángulos vivos a fin de evitar cortaduras.

Tabla 18: Tipo de operación y herramientas.

OPERACIONES DE TALADRADO					
No.	Proceso	Maquina	Herramienta	Parámetros	Observación
1	Trazado		Compas de puntas, granete		
2	Taladrado	Fresadora	Broca Ø23.5	250 rpm	Avance manual
3	Biselado	Fresadora	Cuchilla	125 rpm	

Fuente: Elaboración propia

4.3.11 Control de calidad

Ya terminado los procesos previos como son el colado y el maquinado se procede a realizar el control de calidad, el cual consiste en una inspección visual, verificación de medidas y un ensayo por medio de tintas penetrantes.

Flujograma de control de calidad:

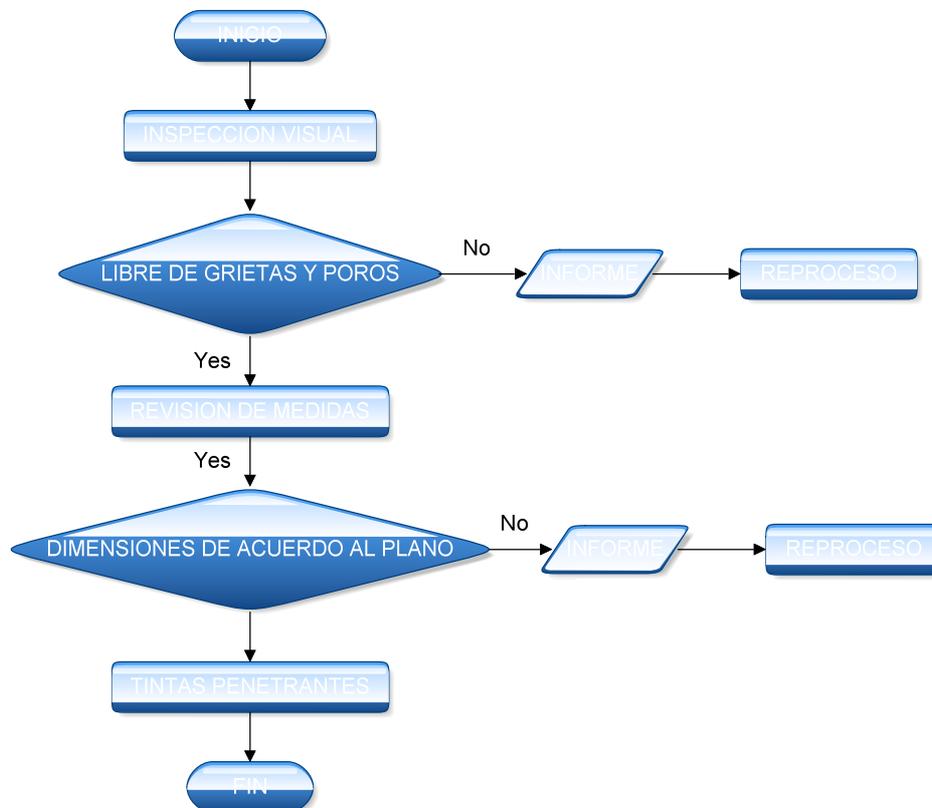


Figura 24: Diagrama de flujo control de calidad.

Fuente: Elaboración propia

4.3.11.1 Verificación de dimensiones

Esta es una de las etapas a la que se le requiere prestar mucha atención, puesto que el tambor de freno debe de quedar dentro de las tolerancias especificadas en el plano.

Se debe revisar diámetro interno, taladros, manzana de acople, cilindridad, conicidad, para lo cual se utiliza, calibrador de interiores, micrómetros de interiores, goniómetro.

Todos estos para metros a revisar deben de quedar dentro de las tolerancias especificadas en el plano.

Tabla 19: Tipo de operación y herramientas.

PARAMETROS A REVISAR			
No.	Parámetro	Herramienta	Observación
1	Diámetro de pista	Calibrador de interiores	
2	Conicidad	Micrómetro de interiores	Medir en la base y en el extremo superior
3	Cilindridad	Micrómetro de interiores	Medir en cuadrantes opuestos
4	Cilindridad manzana	Calibrador de interiores	
5	Diámetro de taladros	Calibrador de interiores	
6	Medidas generales	Calibrador de exteriores	

Nota: Todas las medidas deben estar de acuerdo a las tolerancias que se detallan en el plano

Fuente: Elaboración propia

4.3.11.2 Inspección visual

Este tipo de control se lo realiza con el objetivo de controlar, cualquier tipo de defecto superficial, como poros, fisuras, escoria incrustada o cualquier defecto que puede sufrir por una caída o golpe, que puede deformar el tambor fe freno.

Tabla 20: Parámetros a revisar. Elaboración propia

PARAMETROS A REVISAR			
No.	Parámetro	Herramienta	Observación
1	Porosidad		
2	Ralladuras en pista de frenado		
3	Incrustaciones de escoria		

Fuente: Elaboración propia

4.3.11.3 Ensayos no destructivos con tintas penetrantes

El ensayo no destructivo con tintas penetrantes se basa en el principio de capilaridad, es realizado después de la inspección visual, ya que este método no es perjudicial para piezas que ya están terminadas, pero nos ayuda a revelar defectos que no se lo puede observar a simple vista, ya que estos son imperceptibles para el ojo humano.

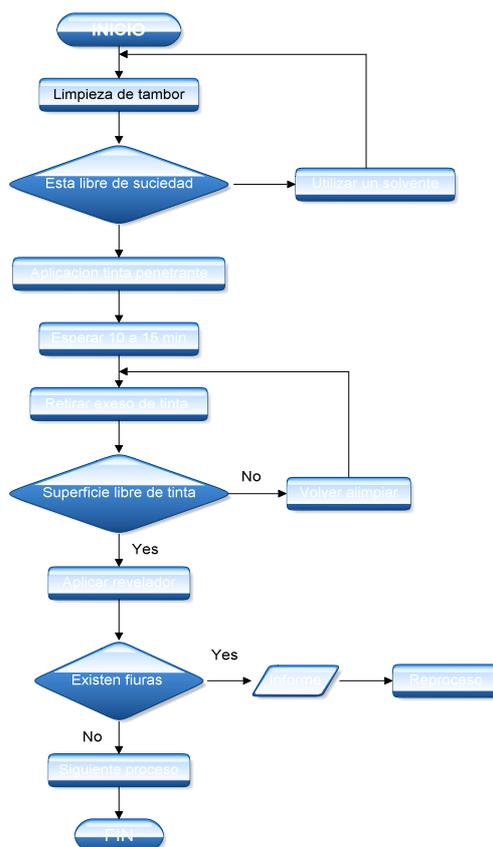


Figura 25: Diagrama de flujo ensayos no destructivos .

Fuente: Elaboración propia

4.3.12 Acabado superficial

Este es el último proceso que se realizara, puesto que la pieza está acorde a los parámetros de diseño y normas de fabricación.

El acabado superficial con pintura es necesario para proteger al tambor de las condiciones medio ambientales, tales como lluvia, polvo, aire, etc., puesto que estos agentes contribuyen a disminuir la vida útil, con problemas como oxidación, corrosión.

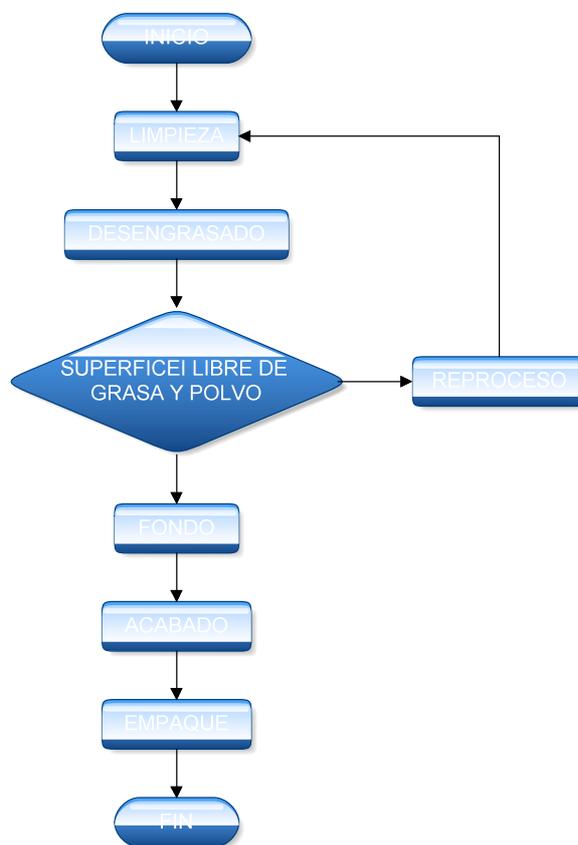


Figura 26:Acabado superficial.
Fuente: Elaboración propia

Nota: durante todo el proceso de fabricación del tambor se lo revisara de acuerdo a la hoja de control del Anexo I.

CAPITULO 5

ANÁLISIS DE COSTOS

Por la naturaleza de los costos y del proceso de fabricación se realizará la estimación del costo en base al volumen de una tonelada de material de la cual se calcula obtener 13 unidades.

5.1 Costo energía eléctrica

A continuación, se presenta el consumo energético por tonelada de material en un horno de inducción con diferentes tipos de materiales de fusión, en los cálculos del costo se considera 51.75 USD/tonelada que corresponde a la fusión de hierro fundido que es la que se utilizara en la elaboración de los tambores de freno.

Tabla 21: Costo energía eléctrica por tonelada de material

Tipo de fusión	Consumo Kwh/ton	Costo energía eléctrica usd/kw	Total, usd/ton
Fusión Hierro fundido	550-575		51,75
Fusión Hierro fundido SG	550-600		54
Fusión acero inoxidable y dulce	600-650	0,09	58,5
Fusión chatarra de Aluminio	600-625		56,25
Fusión chatarra troceada de Aluminio	500-575		51,75
Fusión de acero	625		56,25

Fuente: elaboración propia

5.2 Costo de la chatarra y ferroaleaciones

El costo de la chatarra difiere mucho dependiendo el tipo y la procedencia, en el siguiente cuadro se observa el costo de cada tipo de chatarra.

Tabla 22: Costo de chatarra y ferroaleaciones

Ítem	Descripción	Costo usd/tn
1	Chatarra hierro fundido	320
2	Chatarra shredder (Adelca)	320
3	Chatarra Shredder (importada)	438
4	Chatarra liviana	288
5	Chatarra carrocerías	309
6	Ferro silicio	1350

Fuente: elaboración propia

5.3 Gastos y costos del proyecto

5.3.1 Costos de moldeo

Tabla 23: Costos de producción de moldeo

ITEM	UNIDADES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Fabricación Modelo	unidad	1	263,6	263,6
Caja de moldeo	unidad	13	42,2	548,6
TOTAL				812,2

Fuente: elaboración propia

5.3.2 Costo de mano de obra

Para la elaboración del prototipo se considera el salario básico unificado para el sector de fundición de metales para cada uno de los puestos de las personas que intervendrán en la fabricación, con un recargo adicional de 10% a fin de que los costos por hora por persona se ajusten a los valores comerciales pagados.

Considerando que la mediana de los sueldos se encuentra en 400 USD se utilizara este valor, mas 10% siendo 440 USD el costo de mano de obra por mes por persona. Con un valor por hora de 2.75 USD por hora.

Tabla 24: Costo de mano de obra

ITEM	UNIDADES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Moldeador	horas	26	2,75	71,5
Fundidor	horas	3	2,75	8,3
Ayudante de fundición	horas	3	2,75	8,3
Tornero	horas	26	2,75	71,5
Fresador	horas	13	2,75	35,8
Pintor	horas	8	2,75	22,0
			TOTAL	217,25

Fuente: elaboración propia

5.3.3 Costos de materia prima

Tal como se calculó en el Capítulo 4, ítem 4.3.5 la masa requerida para el tambor de freno requerida es de 70kg, a este valor se debe adicionar un porcentaje que queda en las cavidades de entrada y salida del molde, se adiciona una masa de 5kg.

Tabla 25: Costos de materia prima

ITEM	UNIDADES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)/TON	COSTO TOTAL (USD)
Chatarra	Kilogramos	1000	320	320
Ferrosilicio	Kilogramos	102,7	1350	139
			TOTAL	458,6

Fuente: elaboración propia

5.3.4 Costos directos variables

En los costos indirectos variables se consideran los asociados a consumo de energía, sobre la base de la utilización de mano de obra y el costo de kilovatio industrial promedio 0.09 USD

Tabla 26: Costos directos variables. Elaboración propia

Item	Cantidad	Potencia kw	Tiempo de trabajo	Costo unitario (usd/kw)	Costo total usd
Mezcladora de arena	1	8	3	0,09	2,16
Horno de inducción	1	575	3	0,09	51,75
Torno	1	15	26	0,09	35,10
Fresadora	1	15	13	0,09	17,55
Compresor	1	5	8	0,09	3,60
TOTAL					110,16

Fuente: elaboración propia

5.3.5 Costos totales

Los costos directos totales son el resultado de la sumatoria de todos los costos detallados en los apartados precedentes e incorporando un factor de utilidad del 25% sobre costos.

En el caso de masificar la producción, será necesario considerar de manera adicional los costos administrativos y los costos de constitución.

Tabla 27: Costos totales

ITEM	COSTOS USD
Costo de moldeo	770,00
Costo de mano de obra	217,25
Costo de materia prima	458,6
Costos directos variables	110,16
Subtotal	1556,06

Fuente: elaboración propia

Se observa que el costo más importante está asociado al moldeo, no obstante, una vez realizado el modelo tiene larga vida útil, por lo que los costos relevantes son mano de obra, materia prima y costos directos variables, a los cuales se les incorporara el 35% de utilidad.

Tabla 28: Costos totales. PVP. Elaboración propia

ITEM	COSTOS USD
Costo de mano de obra	217,25
Costo de materia prima	458,6
Costos directos variables	110,16
Subtotal	786,06
utilidad 25%	275,121
TOTAL	1061,181
Costo unitario, 12 unidades	81,62

Fuente: elaboración propia

El costo de producción estimado es de 81,62 USD por unidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a la formación académica y las técnicas de Ingeniería estamos en la capacidad de realizar cualquier tipo de Diseño con las herramientas tecnológicas que se tiene en el Ecuador, tomando en cuenta las normas establecidas, además de realizar un estudio muy detallado del tambor de freno, el diseño es un paso muy importante para comenzar con la producción de cualquier parte o pieza, ya que en esto se basaran las personas encargadas, de plasmar en acero u otro tipo de material la pieza a ser elaborado.

El análisis realizado en el programa Autodesk Inventor, nos da la seguridad que el tambor de freno esta presto para trabajar bajo las condiciones deseadas a la que será sometida, esto garantizan un buen funcionamiento del tambor de freno.

Del estudio se puede concluir que existe factibilidad de fabricar localmente el tambor de freno con el método propuesto, ya que los costos de producción generan un margen aceptable con respecto al precio de venta.

Uno de los aspectos a considerar importantes es el cálculo de sobredimensiones por maquinado y contracción, debido a que este incremento de masa en la fundición del tambor, evita defectos como rechupes y además en el maquinado tenemos medidas de acuerdo al plano.

6.2 RECOMENDACIONES

Una de las recomendaciones más importantes a tener en cuenta es la del control de calidad en cada uno de las etapas, este control ayudaría a detectar algún tipo de defecto como porosidad, rechupes, tambor fuera de medidas, etc., tal es el caso de presentarse algún defecto se dejaría de seguir con el proceso y desechar la pieza para un reproceso posterior.

Si la fabricación de tambores se la va a realizar en serie es recomendable el uso de máquinas CNC, puesto que estas tienen un mayor grado de precisión y el tiempo de maquinado se reduce de forma significativa, además disminuye la probabilidad de error humano.

La colada de fundición debe estar dentro de las normas especificadas para la fabricación de tambores, es importante la temperatura de fusión, composición química de acuerdo al tipo de fundición deseada, esto hace que la pieza a fundir presente las características mecánicas deseadas.

Es recomendable la fabricación de volúmenes más altos para disminuir costos de la fabricación, como materia prima, mano de obra, disminución de desperdicios.

ANEXOS

Anexo A. 5 fuerzas de Porter

El orden en el que se realiza el análisis no está directamente relacionado con su importancia o impacto.

Poder de negociación de proveedores

FABRICACIÓN LOCAL	
Poder de negociación de los proveedores	
proveedores de materia prima poder marginal →	alta rentabilidad
proveedores de complementos poder marginal →	alta rentabilidad
mano de obra poder bajo →	alta rentabilidad
Rentabilidad alta	

Poder de negociación de consumidores

FABRICACIÓN LOCAL	
Poder de negociación de los consumidores	
consumidores no concentrados →	alta rentabilidad
consumidor poco informado →	alta rentabilidad
costo de cambio bajo →	baja rentabilidad
Rentabilidad alta	

Amenaza de ingreso

FABRICACIÓN LOCAL	
Amenaza de entrada	
no economías de escala →	baja rentabilidad
identidad de marca alta →	alta rentabilidad
requisitos de capital altos →	alta rentabilidad
acceso a canales de distribución alto →	alta rentabilidad
regulaciones gubernamentales altas →	baja rentabilidad
Rentabilidad alta	

Amenaza de productos sustitutos

FABRICACIÓN LOCAL	
Productos sustitutos	
Existencia de productos sustitutos baja →	alta rentabilidad
Rentabilidad alta	

Rivalidad

FABRICACIÓN LOCAL	
Rivalidad	
Alto número de competidores →	baja rentabilidad
Competidores grandes →	baja rentabilidad
Moderado espacio para la diferenciación →	alta rentabilidad
Perfil estratégico poco sofisticado →	baja rentabilidad
Barreras de salida altas →	baja rentabilidad
Rentabilidad baja	

Anexo B.- Tolerancias de forma

Tolerancias de Forma		
Rectitud		Una línea contenida en la superficie superior paralela al plano de proyección sobre el que se da la inclinación, debe estar contenida entre dos líneas paralelas distantes en $t=0.1$ (d es cualquier distancia).
		Cualquier generatriz del cilindro ha de estar comprendida entre dos rectas // separadas entre sí 0.06 mm
		El eje del cilindro ha de estar comprendido en una zona cilíndrica de diámetro 0.06 mm
Planitud		La superficie debe estar comprendida entre dos planos // separados entre sí, 0.06 mm
Redondez		El contorno del cono debe estar comprendido entre dos circunferencias separadas entre sí 0.06 mm
Cilindricidad		La superficie considerada debe estar comprendida entre dos cilindros coaxiales separados entre sí 0.07 mm.
Forma de una línea cualquiera		La línea debe estar comprendida entre dos líneas envolventes de círculos de diámetro $t=0.05$ cuyos centros están situados sobre una línea con la forma geométrica teórica.
Forma de una superficie cualquiera		La superficie debe estar comprendida entre dos superficies envolventes de esferas de diámetro $t=0.2$ cuyos centros están situados sobre una superficie con la forma geométrica correcta.

Anexo C.- Tolerancias de Posición

Tolerancias de Posición		
Paralelismo		El eje superior debe estar comprendido entre dos rectas separadas entre sí 0.2 mm. //al eje inferior A.
Perpendicularidad		El eje del cilindro debe estar comprendido en una zona cilíndrica de 0.2 mm, de diámetro perpendicular a la superficie A.
Inclinación		La superficie inclinada debe estar comprendida entre dos planos // entre sí, separados 0.1 mm, e inclinados 30° respecto al plano A.
Posición		El eje de cada taladro debe estar situado dentro de un cilindro de diámetro igual a la tolerancia (0.1) estando el eje de dicho cilindro en las posiciones teóricamente exactas.
Concentricidad Coaxialidad		El eje del cilindro menor es coaxial respecto al eje de referencia (del cilindro mayor) y debe estar dentro de un cilindro de diámetro $t=0.2$ cuyo eje coincide con la referencia.

Anexo D.- Tolerancias de posición

Tolerancias de Posición		
Simetría		<p>El plano de simetría de la ranura debe estar contenido entre dos planos paralelos separados 0.2 mm y colocados simétricamente respecto al plano de simetría indicado por la referencia A</p>
Alabeo Oscilación circular (radial)		<p>La tolerancia de oscilación radial no debe sobrepasar más de 0,1 mm en cualquier plano de medición, durante una vuelta completa, alrededor del eje de referencia A o A-B.</p>
Alabeo Oscilación Total (radial)		<p>La tolerancia de oscilación total radial no debe sobrepasar más de 0,1 mm, en cualquier punto de la superficie especificada, durante varias revoluciones alrededor del eje de referencia A-B, y con movimiento axial relativo entre la pieza y el instrumento de medida.</p>
Alabeo Oscilación Total (axial)		<p>La superficie extralda (real) debe estar contenida entre dos planos paralelos distantes en $t=0,1$ que son perpendiculares al eje de referencia A</p>

Anexo E.- Control de calidad para procesos de mecanizado

CALIDADES USUALES INDICADAS PARA LOS PRINCIPALES PROCESOS DE MECANIZADO																
IT (calidad)	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
OXICORTE SERRADO	■	■														
LIJADO-CEPILLADO TALADRADO FRESADO			■	■	■	■	■	■								
TALADRADO+ESCA. ESCAREADO BROCHADO TORNEADO				■	■	■	■	■	■	■	■	■				
RECTIFICADO AFINADO SUPERFIC. SUPERDEFINICIÓN									■	■	■	■	■	■	■	■

PROCESO	ACABADO DE LA SUPERFICIE (μm)		
FUNDICIÓN EN ARENA	POBRE	12-25	N10-N12
LAMINADO EN FRIO	BUENO	1-3	N6-N8
EXTRUSIÓN EN FRIO	BUENO	1-4	N6-N9
TALADRADO	MEDIANO	1.5-6	N7-N9
FRESADO	BUENO	1-6	N7-N9
TORNEADO	BUENO	0.5-6	N6-N9
PULIDO	EXCELENTE	0.1-0.5	N3-N5

Anexo F.- Tolerancias según DIN 7.157

Tabla 9.39 A Diferencias en micras para campos de tolerancias seleccionados según DIN 7.157

Abreviatura ISO	Serie 1 2	x8/u8 ¹⁾	s6	r6	n6	k6	j6	h6	h9	h11	g6	f7	e8	d9	c11	a11	H7	H8	H11	G7	F8	E9	D10	C11	A11	
Medidas nominales mm	desde hasta 1	+34	+20	+16	+10	+6	+4	0	0	0	-2	-6	-14	-20	-60	-270	+10	+14	+60	+12	+20	+39	+60	+120	+330	
	3	+20	+14	+10	+4	0	-2	-6	-25	-60	-8	-16	-28	-45	-120	-330	0	0	0	+2	+6	+14	+20	+60	+270	
	más de hasta 3	+46	+27	+23	+16	+9	+6	0	0	0	-4	-10	-20	-30	-70	-270	+12	+18	+75	+16	+28	+50	+78	+145	+345	
	6	+28	+19	+15	+8	+1	-2	-8	-30	-75	-12	-22	-38	-60	-145	-345	0	0	0	+4	+10	+20	+30	+70	+270	
	más de hasta 6	+56	+32	+28	+19	+10	+7	0	0	0	-5	-13	-25	-40	-80	-280	+22	+22	+90	+20	+35	+61	+98	+170	+370	
	10	+34	+23	+19	+10	+1	-2	-9	-36	-90	-14	-28	-47	-76	-170	-370	0	0	0	+5	+13	+25	+40	+80	+280	
	más de hasta 10	+67	+39	+34	+23	+12	+8	0	0	0	-6	-16	-32	-50	-95	-290	+18	+27	+110	+24	+43	+75	+120	+205	+400	
	14	+40	+28	+23	+12	+1	-3	-11	-43	-110	-17	-34	-59	-93	-205	-400	0	0	0	+6	+16	+32	+50	+95	+290	
	más de hasta 14	+72	+39	+34	+23	+12	+8	0	0	0	-6	-16	-32	-50	-95	-290	+18	+27	+110	+24	+43	+75	+120	+205	+400	
	18	+45	+28	+23	+12	+1	-3	-11	-43	-110	-17	-34	-59	-93	-205	-400	0	0	0	+6	+16	+32	+50	+95	+290	
	más de hasta 18	+87																								
	24	+54	+48	+41	+28	+15	+9	0	0	0	-7	-20	-40	-65	-110	-300	+21	+33	+130	+28	+53	+92	+149	+240	+430	
	más de hasta 24	+81	+35	+28	+15	+2	-4	-13	-52	-130	-20	-41	-73	-117	-240	-430	0	0	0	+7	+20	+40	+65	+110	+300	
	30	+48																								
más de hasta 30	+99	+59	+50	+33	+18	+11	0	0	0	-9	-25	-50	-80	-120	-310	+25	+39	+160	+34	+64	+112	+180	+280	+470		
40	+60	+43	+34	+17	+2	-5	-16	-62	-160	-25	-50	-89	-142	-130	-320	0	0	0	+9	+25	+50	+80	+130	+320		
más de hasta 40	+109																									
50	+70	+133	+72	+60	+39	+21	+12	0	0	-10	-30	-60	-100	-140	-340	+30	+46	+190	+40	+76	+134	+220	+330	+530		
más de hasta 50	+87	+53	+41	+20	+2	-7	-19	-74	-190	-29	-60	-106	-174	-330	-530	0	0	0	+10	+30	+60	+100	+140	+340		
65	+148	+78	+62	+20	+2	-7	-19	-74	-190	-29	-60	-106	-174	-150	-360	0	0	0	+10	+30	+60	+100	+140	+340		
más de hasta 65	+102	+59	+43																							
80	+178	+93	+73	+45	+25	+13	0	0	0	-12	-36	-72	-120	-170	-380	+35	+54	+220	+47	+90	+159	+260	+390	+600		
más de hasta 80	+124	+71	+51	+23	+3	-9	-22	-87	-220	-34	-71	-126	-207	-390	-600	0	0	0	+12	+36	+72	+120	+170	+380		
100	+198	+101	+76	+23	+3	-9	-22	-87	-220	-34	-71	-126	-207	-180	-410	0	0	0	+12	+36	+72	+120	+180	+410		
más de hasta 100	+144	+79	+54																							
120	+233	+117	+88																							
más de hasta 120	+170	+92	+63																							
140	+253	+125	+90	+52	+28	+14	0	0	0	-14	-43	-85	-145	-210	-520	+40	+63	+250	+54	+106	+185	+305	+460	+770		
más de hasta 140	+190	+100	+65	+27	+3	-11	-25	-100	-250	-39	-83	-148	-245	-460	-770	0	0	0	+14	+43	+85	+145	+210	+520		
160	+273	+133	+93																							
más de hasta 160	+210	+108	+68																							
180	+308	+151	+106																							
más de hasta 180	+236	+122	+77																							
200	+330	+159	+109	+60	+33	+16	0	0	0	-15	-50	-100	-170	-260	-740	+46	+72	+290	+61	+122	+215	+355	+550	+1090		
más de hasta 200	+238	+130	+80	+31	+4	-13	-29	-115	-290	-44	-96	-172	-285	-550	-1030	0	0	0	+15	+50	+100	+170	+260	+740		
225	+356	+169	+113																							
más de hasta 225	+284	+140	+84																							
250	+396	+190	+126																							
más de hasta 250	+315	+158	+94																							
280	+431	+202	+130	+66	+36	+16	0	0	0	-17	-56	-110	-190	-300	-920	+52	+81	+320	+69	+137	+240	+400	+620	+1240		
más de hasta 280	+350	+170	+98	+34	+4	-16	-32	-130	-320	-49	-108	-191	-320	-620	-1240	0	0	0	+17	+56	+110	+190	+300	+920		
315	+479	+226	+144																							
más de hasta 315	+390	+190	+108																							
355	+524	+244	+150	+73	+40	+18	0	0	0	-18	-62	-125	-210	-360	-1200	+57	+89	+360	+75	+151	+265	+440	+720	+1560		
más de hasta 355	+435	+208	+114	+37	+4	-18	-36	-140	-360	-54	-119	-214	-350	-720	-1560	0	0	0	+18	+62	+125	+210	+360	+1200		
400	+587	+272	+166																							
más de hasta 400	+490	+232	+126	+80	+45	+20	0	0	0	-20	-68	-135	-230	-440	-1500	+63	+97	+400	+83	+165	+290	+480	+840	+1900		
450	+637	+292	+172	+40	+5	-20	-40	-155	-400	-60	-131	-232	-385	-840	-1900	0	0	0	+20	+68	+135	+230	+480	+1500		
más de hasta 450	+540	+252	+132																							
500																										
Abreviatura ISO	Serie 1 2	x8/u8 ¹⁾	s6	r6	n6	k6	j6	h6	h9	h11	g6	f7	e8	d9	c11	a11	H7	H8	H11	G7	F8	E9	D10	C11	A11	

1) Hasta medida nominal 24 mm: x8, pasando de 24 mm medida nominal: u8

Anexo G.- Velocidad de corte para brocas

MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		
	Brocas acero al carbono	Brocas acero rápido	Brocas acero rápido con refrigeración
Fundición	8 a 12	15 a 20	30 a 45
Fundición dura	6 a 8	10 a 15	20 a 30
Fundición maleable	6 a 12	10 a 15	25 a 27
Acero dulce	10 a 12	20 a 25	25 a 35
Acero semiduro	8 a 12	15 a 20	20 a 25
Acero duro	6 a 8	12 a 15	15 a 20
Bronce, Latón y aluminio	15 a 20	24 a 40	60 a 90
Acero Moldeado	6 a 10	10 a 15	10 a 20

Anexo H.- Velocidad de corte con cuchillas de acero rápido

Útiles de corte	<i>CUCHILLAS PARA TORNEADO</i>					
	<i>VELOCIDADES DE CORTE CON UTILES DE ACERO RAPIDO</i>					
<i>Material a tornear</i>	<i>Resistencia Dureza</i>	<i>Avance a mm por vuelta</i>				
		0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
		<i>Velocidad v por minuto</i>				
Acero suave	46kg/mm ²	43	32	24	18	13
Acero semiduro	60kg/mm ²	34	26	19	14	10
Acero duro	85kg/mm ²	26	21	16	12	8
Acero ligeramente aleado	90-110kg/mm ²	18	13	10	7,5	6
Acero aleado	110-150kg/mm ²	17	12	8,5	6	4
Acero fundido (moldeado)	50kg/mm ²	34	26	19	14	10
Acero fundido duro	50-80kg/mm ²	27	18	13	10	7,5
Fundición gris	HB 180	48	27	18	14	10
Fundición dura	HB 220	32	18	13	10	8
Fundición acarada	HB 250	22	14	11	7,5	5
Cobre	60-80 HB	56	53	38	28	21
Latón	80-120 HB	125	85	56	36	27
Bronce	100 HB	63	48	40	32	24
Aleaciones blandas de Al	20 HB	132	85	56	38	28
Aleaciones duras de Al	25 HB	118	75	50	38	28
Aleaciones de magnesio	20 HB	1000	900	800	750	700
Plásticos		60-200				
Goma dura		100				

NOTA: las velocidades de corte indicadas son aplicaciones para profundidades de corte de \leq a 5mm; para profundidades a \geq 5mm los valores indicados se reducirán en un 20%. Estas velocidades corresponden a valores de acabado, para otros se afectarán de los coeficientes siguientes:

Desbarbado.	0,7	tronzado	0,6
Taladrado	0,3	Mandrinado	0,6
Roscado	0,1 a 0,4		

Anexo I.- Hoja de control

UIDE	TAMBOR DE FRENO				
	Material:	Hierro Fundido	Fecha:	XX-XX-XX	Hora:
	No. de piezas	0	No. Rev.	0	Operador:
No.	A REVISAR	VALORACION			
1	Porosidad	No		Si	
2	Ralladuras en pista de frenado	No		Si	
3	Incrustaciones de escoria	No		Si	
					<i>Valor medido</i>
4	Acabado superficial	Correcto		Incorrecto	
5	Cilindricidad pista de frenado	Correcto		Incorrecto	
6	Cilindricidad manzana	Correcto		Incorrecto	
7	Diámetro de taladros	Correcto		Incorrecto	
8	Numero de taladros	Correcto		Incorrecto	
9	Diámetro de pista de frenado	Correcto		Incorrecto	
10	Diámetro de manzana	Correcto		Incorrecto	
11	Altura pista de frenado	Correcto		Incorrecto	
Observación:					
Revisado por:			Autorizado por:		

BIBLIOGRAFÍA

- Apraiz. J. tratamientos térmicos de los aceros. Editorial Dossat. España 1984.
- Banco Central del Ecuador. Evolución del Sector automotriz ecuatoriano 2011-2015. 2015. Recuperado de <http://www.bcmecuador.com>.
- Capello. E. Tecnología de la fundición. Editorial G. 1971.
- Cremandes, A, Calero, M. El mercado de repuestos para automóviles en Ecuador Abril 2016. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Quito. Recuperado de <http://www.siicex.gob.pe>.
- De Jaime Eslava José, Pricing: Nuevas estrategias de precios. 3ra edición. ESIC. Gráficas Dehon. España
- Editorial Reverte S.A. 1986 Matemática aplicada para la técnica del automóvil. España.
- Estadísticas económicas, 2015 Anuario Transportes. Estadísticas de transporte 2015. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob>
- Estadísticas económicas, 2016 Anuario Transportes. Estadísticas de transporte 2016. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob>
- Fundición, moldeo y procesos afines. Recuperado de:
<file:///C:/Users/user/Downloads/51558798-fundicion.pdf>
- Gieck, R. Gieck, K. Manual de fórmulas técnicas. 31ra edición. Ediciones técnicas Marcombo.
- Ginjaume. A. Torre. F. producción por mecanizado. Editorial Paraninfo
- González, F. Ganaza J. Principios y fundamentos de gestión de empresas. 3ra edición. Ediciones pirámide 2010. España
- Goyos. L. Tecnología de la fundición II. Editorial ISPJAE. La Habana 1994.

- Grupo editorial CEAC. 2003. Manual CEAC del automóvil.. España.
- Guía del tambor de freno. Tipos de freno de tambor. Recuperado de:
file:///C:/Users/user/Downloads/36832385-Tipos-de-Frenos-de-Tambor.pdf
- Hierro gris. Recuperado de: file:///C:/Users/user/Downloads/39934008-HIERRO-GRIS%20(1).pdf
- Índice de precios al consumidor. 2015. Recuperado de:
<http://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Info economía. Análisis sectorial. 2012. Publicación número 7. Recuperado de:
<http://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Jacome, H. Oleas, J. Angulo, D. Travez, C. Boletín mensual de análisis sectorial MIPYMES – Elaboración de autopartes para el sector automotor. 2011. Número 12. Recuperado de: <https://flacso.edu.ec>.
- Manual del mantenimiento de tambores. Recuperado de:
file:///C:/Users/user/Downloads/Manual_de_Mantenimiento_Tambores_Fumaq.pdf
- Mott, L, Robert. Diseño de elementos de máquinas.
- Perfil automotriz final. 2017. Recuperado de <https://proecuador.gob.ec>
- Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución – Servicio público de energía. Enero-Diciembre 2018. Agencia de Regulación y Control de Electricidad. Recuperado de: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec>
- Robert. L. Mott. Diseño de elementos de máquinas. Cuarta edición. Editorial Pearson. México 2006.
- Sector automotor en cifras. 2017. Número 4. EADE. Recuperado de
<http://www.aeade.net>.
- Tabla de salarios mínimos sectoriales. 2018. Ministerio de Relaciones laborales

- Vivondo. T. Alvarez. C. Tecnología del metal 1-1. Primera edición. Editorial Don Bosco. España 1976.