



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA UNA MIPYME GESTIONADORA DE
RESIDUOS METÁLICOS GENERADOS EN TALLERES AUTOMOTRICES

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
MARIO ALBERTO GOMEZ LEON

TUTOR PRINCIPAL
M.I. ANN WELLENS
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ciudad Universitaria, CDMX, enero 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Rivera Colmenero José Antonio

Secretario: Dr. Bautista Godínez Tomás

1er. Vocal: M.I. Wellens Ann Godelieve

2do. Vocal: M.I. Hernández García Silvina

3er. Vocal: Dr. Del Moral Dávila Manuel

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Ciudad Universitaria, CDMX.

TUTOR DE TESIS:

M.I. Wellens Ann Godelieve

FIRMA

Agradecimientos.

A mi madre Lucia y mi hermana Jazmín, por brindarme su apoyo incondicional durante mi proceso de maestría, su respaldo fue fundamental para la obtención de esta meta.

A la UNAM, por ser ahora mi Alma mater, por brindarme la mejor e invaluable experiencia académica, por permitirme ser partícipe de un sinnúmero de recursos materiales, humanos y del conocimiento, y que me hicieron valorar y atesorar cada momento vivido en su entorno.

A mi asesora principal, M.I. Ann Wellens, por su apoyo y guía durante el proceso de la elaboración de tesis, su valioso esfuerzo y conocimiento, fueron fundamentales para el término de la misma.

A mis sinodales, por su disponibilidad en la revisión de la tesis, sus valiosos comentarios y aportes, contribuyeron significativamente en el desarrollo y presentación del proyecto.

A cada uno de los profesores de la maestría, que, gracias a sus enseñanzas y aportes en cada uno de sus campos, contribuyeron a robustecer mis conocimientos y experiencia académica.

Al Dr. Manuel del Moral, por su ejemplo, disponibilidad, enseñanzas y motivación con miras a la superación constante.

Índice

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
JUSTIFICACIÓN	4
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	5
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
ALCANCES Y LIMITACIONES	6
ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	7
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	8
1.1. El metal y su importancia en diversos sectores productivos	8
1.2. Perspectiva del reciclaje de metal a nivel mundial	9
1.3. Antecedentes de reciclaje de metal en México y la gestión de residuos	12
1.4. La mecánica automotriz y su expansión dentro del sector de servicios en México	16
1.4.1. Antecedentes de la mecánica automotriz en México	16
1.4.2 Descripción de los servicios preventivos y correctivos	17
1.5. La generación de residuos sólidos en talleres y centros de mantenimiento automotriz	19
1.6. El metal como principal componente en partes de recambio	22
1.7 El mercado de autopartes de repuesto en México	22
1.8. Cadena de valor de la industria de autopartes	24
1.9. Autopartes y reciclaje de materiales	25
1.10. Legislación ambiental en México referente al manejo de residuos automotrices	28
1.11. Proyectos de desarrollo y etapas de implementación	31
1.11.1. Concepto de un proyecto de desarrollo	31
1.11.2. Etapas de un proyecto de desarrollo	31
1.11.3. Planes específicos de acción	33
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	34
2.1. Análisis de la situación actual	34
2.2. Estudio de mercado	36
2.3. Estudio técnico	41

2.4. Estudio económico-financiero	43
2.5. Plan de manejo de residuos metálicos	48
CAPÍTULO 3. CASO DE ESTUDIO	50
3.1. Análisis de la situación actual	50
3.1.1. Descripción del área de estudio	50
3.1.2. Análisis de la situación actual en el manejo de residuos	52
3.2. Estudio de mercado	53
3.2.1. Recopilación de información	53
3.2.2. Cálculo de población y muestreo	54
3.2.3. Aplicación de encuestas y análisis de resultados	55
3.2.4. Cálculo de la oferta y demanda	60
3.3. Estudio técnico	64
3.3.1. Giro, nombre y logotipo de la empresa	64
3.3.2. Organigrama	66
3.3.3. Ubicación y distribución física	67
3.3.4. Instalaciones	68
3.3.5. Capacidad instalada y mano de obra	70
3.3.6. Insumos y herramientas	72
3.3.7. Descripción del proceso	73
3.3.7.1. Recepción y descarga de los desechos metálicos	73
3.3.7.2. Pesaje de piezas	73
3.3.7.3. Lavado de piezas	74
3.3.7.4. Separación y desbaste de piezas metálicas	74
3.3.7.5. Clasificación	75
3.3.7.6. Trasiego	76
3.3.7.7. Almacenaje	76
3.4. Estudio económico financiero	77
3.4.1. Ingresos proyectados	77
3.4.2. Inversiones	77
3.4.3. Costos	79
3.4.4. Capital de trabajo	81
3.4.5. Estados financieros del proyecto	81
3.4.6. Valor presente neto	86

3.4.7. Tasa interna de retorno	86
3.4.8. Periodo de recuperación	87
3.4.9. Punto de equilibrio	88
3.4.10. Análisis de sensibilidad	89
4. Plan de manejo de residuos metálicos para talleres y centros de reparación automotriz	92
4.1. Acopio y limpieza de los desechos metálicos	94
4.2. Limpieza de los desechos metálicos	95
4.3. Etiquetado y almacenamiento temporal	97
4.4. Direccionamiento de los desechos	100
Conclusiones y recomendaciones	102
Referencias	105
Anexos	110

Índice de figuras

Figura 1.1. Ejemplo de utilización de metales ferrosos/no ferrosos en diversos productos	9
Figura 1.2. Ejemplo de métricas de reciclaje en un proceso de fundición.	11
Figura 1.3. Cantidad de metales producidos en México a partir del reciclaje	15
Figura 1.4. Esquema general de servicios de mantenimiento automotriz preventivo y correctivos.	19
Figura 1.5. Estructura del mercado de autopartes en México.....	23
Figura 1.6. Cadena de valor de la industria autopartista.	25
Figura 1.7. Imagen ilustrativa del esquema de reciclaje de VW Group.....	27
Figura 1.8. Etapas de análisis para la creación de una empresa.....	33
Figura 2.1. Esquema metodología propuesta para el caso de estudio.	35
Figura 2.2. Preguntas aplicadas en talleres mecánicos.....	39
Figura 2.3. Desglose del estudio financiero del proyecto.	43
Figura 2.4. Esquema objetivo del plan de manejo para residuos metálicos.....	49
Figura 3.1. Mapa superficie y límites municipales Metepec Méx.	50
Figura 3.2. Mapa superficie y límites municipales Toluca Méx.....	51
Figura 3.3. Esquema general de manejo de desechos observado en visitas a talleres mecánicos.....	52
Figura 3.4. Almacenamiento en sitio de desechos generados en talleres mecánicos.....	53
Figura 3.5. Gráfico ABC las refacciones utilizadas en servicios de reparación..	56
Figura 3.6. Resultado respuestas de la pregunta 2 destino de las refacciones sustituidas.	57
Figura 3.7. Ejemplo de contenedores de desechos y materiales metálicos utilizados en talleres.....	57
Figura 3.8. Resultado respuestas de la pregunta 3, conocimiento de existencia y ubicación de centros de recolección.	58
Figura 3.9. Resultado respuestas de la pregunta 4 principales actividades de reciclaje. ..	58
Figura 3.10. Resultados respuestas de la pregunta 5 principales beneficios del reciclaje en talleres.....	59
Figura 3.11. Gráfico incremento anual del parque vehicular en los municipios de Toluca y Metepec.	62
Figura 3.12. Ejemplos de desechos metálicos provenientes de refacciones automotrices	65
Figura 3.13. Logotipo de la mipyme Ecodamper.....	66
Figura 3.14. Organigrama de Ecodamper	66
Figura 3.15. Mapa de ubicación de Ecodamper.....	67
Figura 3.16. Detalle de instalaciones Ecodamper.....	68
Figura 3.17. Layout de instalaciones Ecodamper.....	69
Figura 3.18. Diagrama de hilos para ubicación de instalaciones Ecodamper.....	70
Figura 3.19. Herramienta para separación manual de filtros de aceite y combustible.	75
Figura 3.20. Diagrama de flujo del proceso.	76
Figura 3.21. Gráfica punto de equilibrio para el primer año del proyecto.	89

Figura 3.22. Esquema escalamiento del negocio.	92
Figura 4.1. Guía rápida de identificación/separación de residuos para talleres mecánicos.	95
Figura 4.2. Lavadora portátil de piezas.....	96
Figura 4.3. Esquema de actividades transversales de acopio y limpieza de residuos.	96
Figura 4.4. Etiqueta para el sistema de identificación.	97
Figura 4.5. Ejemplos de contenedores de almacenamiento para desechos metálicos.	98
Figura 4.6. Ejemplos de contenedores de almacenamiento para otros desechos.	98
Figura 4.7. Propuesta de layout para talleres mecánicos en general.	99
Figura 4.8. Esquema de actividades de etiquetado y almacenamiento de residuos para talleres mecánicos.....	100
Figura 4.9. Esquema de actividades para direccionamiento de desechos.....	101

Índice de tablas

Tabla 0.1. Desglose de materiales y destino de reuso.....	4
Tabla 1.1. Uso de chatarra para la fabricación de acero por países y regiones	12
Tabla 1.2. Criterios de recuperación de RSU para reciclaje	13
Tabla 2.1. Tabla registro en cuestionario de cantidades de refacciones utilizadas en los talleres.....	38
Tabla 2.2. Tabla para cálculo de cantidades de desechos metálicos por sistema automotriz	40
Tabla 2.3. Tabla de registro e identificación de empresas manejadoras/recolectoras de desechos metálicos.....	40
Tabla 2.4. Relación de factores para el estudio de tiempos en la valoración de ritmos de trabajo.	42
Tabla 2.5. Desglose de costos variables y fijos.....	44
Tabla 2.6. Capital de trabajo del proyecto.....	44
Tabla 3.1. Universo de talleres mecánicos Toluca y Metepec Méx.	54
Tabla 3.2. Resultados de cantidades refacciones y/o repuestos metálicos más utilizados en talleres según datos de encuesta.....	56
Tabla 3.3. Promedio mensual de oferta desechos metálicos por rubro.	61
Tabla 3.4. Cantidad de vehículos registrados por municipio.....	62
Tabla 3.5. Relación de empresas gestadoras de chatarra en la zona conurbada de Toluca y Metepec	64
Tabla 3.6. Cálculos capacidad instalada por periodo.....	70
Tabla 3.7. Cálculos tiempos de trabajo..	71
Tabla 3.8. Descripción de los insumos requeridos para el proceso.....	72
Tabla 3.9. Detalle de herramientas e insumos estimados para el proceso productivo.	73
Tabla 3.10. Proyección de ingresos para el primer año del proyecto.	77
Tabla 3.11. Detalle inversión activo fijo oficinas.....	78
Tabla 3.12. Detalle inversión activo fijo producción.....	78
Tabla 3.13. Resumen inversiones totales	79
Tabla 3.14. Desglose costos de materias primas.	79
Tabla 3.15. Detalle costos de servicios..	79
Tabla 3.16. Detalle costos por mano de obra directa.....	80
Tabla 3.17. Detalle desglose gastos de administración.....	80
Tabla 3.18. Detalle gastos de ventas	80
Tabla 3.19. Costos totales de operación	81
Tabla 3.20. Desglose capital del trabajo del proyecto.....	81
Tabla 3.21. Estado de resultados proyectado	83
Tabla 3.22. Balance general del proyecto.....	84
Tabla 3.23. Flujo de efectivo el proyecto	85
Tabla 3.24. Detalle cálculo del VPN para el periodo 2021-2030	86
Tabla 3.25. Tabla de descuentos del VPN del proyecto.	87
Tabla 3.26. Detalle cálculo del punto de equilibrio del proyecto.....	88
Tabla 3.27. Análisis sensibilidad de escenario aumento de egresos.....	90
Tabla 3.28. Análisis sensibilidad de escenario disminución ingresos.....	90

RESUMEN

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, aproximadamente 20% del gasto corriente de las familias mexicanas es destinado al transporte, lo cual engloba la adquisición de vehículos, mantenimiento, accesorios, combustible, y otros servicios del automóvil, ubicándose sólo detrás del rubro de adquisición de alimentos, bebidas y tabacos. Debido a lo anterior, uno de los sectores económicos que ha tenido mayor auge es el de reparación y/o mantenimiento automotriz.

Como en todo sector productivo, la generación de residuos es inevitable. El sector de mantenimiento automotriz no es la excepción, ya que uno de los principales materiales desechados es el metal, debido a que es el principal elemento utilizado en la carrocería, el chasis, en partes del motor y en las refacciones. Esto debido en parte a la durabilidad, resistencia térmica, química o mecánica, por lo que mercado de aftermarket o mercado minorista de autopartes cuenta con una alta oferta de productos que pone al alcance de los consumidores una variedad de opciones en cuanto a piezas de repuesto hechas con este material.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la viabilidad técnica y económica-financiera para la creación de una mipyme gestidora de desechos metálicos como una posible idea de negocio innovadora, considerando la falta de empresas dedicadas a estas actividades. Además, se incluyó la creación de una propuesta para un plan de manejo de dichos residuos que involucre a talleres, su gremio respectivo y autoridades correspondientes.

Se realizaron estudios de mercado y técnicos para el cálculo de la oferta y demanda, así como la determinación de la capacidad instalada-

La viabilidad económica se evaluó mediante el valor presente neto, la tasa interna de retorno, el periodo de recuperación y el punto de equilibrio. Así mismo, se presentaron las matrices correspondientes a los estados de los resultados, flujos e inversiones que proyectan los ingresos, egresos y flujos de efectivo.

Palabras clave: desechos metálicos, evaluación de proyectos, plan de manejo

Abstract

According to the Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 20% of the current expenditure of Mexican families is towards to transportation, which involves the acquisition of vehicles, maintenance, accessories, fuel, and other car services, ranking only behind the acquisition of food, beverages and tobacco. One of the economic sectors that has had the greatest boom is automotive maintenance.

As in any productive sector, waste generation is inevitable. The automotive sector is no exception, since one of the main discarded materials is metal, because it is the main element used in the chassis, engine, and spare parts, in part due to its durability, thermal, chemical or mechanical resistance. Therefore, the aftermarket has a wide range of products that offers consumers a variety of options in terms of spare parts with this material.

The objective of this work was to evaluate the technical and economic-financial feasibility of creating a metal waste management, as a possible innovative small business idea, considering the lack of companies dedicated to this activity. It includes a proposal for a waste management plan involving workshop, their guild, and corresponding authorities.

Market and technical studies were carried out to calculate supply and demand, as well as to determine the installed capacity. The economic feasibility was evaluated through the net present value, internal rate of return, payback period, and break-even point. Likewise, the matrices corresponding to the statements of income, flows and investments were presented, projecting respectively income, expenses and cash flows.

Keywords: metallic waste, project evaluation, management plan

INTRODUCCIÓN

El sector automotriz es estratégico para la economía mexicana; se le considera el segundo más importante sólo después del petróleo; esta industria engloba sectores como: generación de materia prima (metal, plástico, neumáticos y demás componentes); así mismo, tiene grandes implicaciones en la generación de empleos, ya que tiene estrecha relación con otros sectores productivos, de acuerdo con información del censo económico 2019 del INEGI se estima que genera impactos en 157 diferentes actividades económicas del país, donde 84 corresponden a la industria manufacturera, y 73 a comercio y servicios.

Precisamente uno de los sectores económicos que ha tenido mayor auge a la par del desarrollo automotriz es de la reparación y/o mantenimiento automotriz, la evolución de los vehículos y de la maquinaria en general ha sido notable desde la creación de los primeros automotores, por lo que este sector ha ido a la par en cuestión de uso de tecnología, capacitación, aprendizaje, uso de componentes y materiales de repuesto; así mismo, como modelo de negocio cada vez son más los emprendedores que se inclinan por proyectos dedicados al mundo de la mecánica, ya que precisamente los servicios de reparación, prevención y mantenimiento son de los más demandados.

Debido en parte a este avance, este sector forma parte de la cadena en la generación de residuos sólidos urbanos; con los avances tecnológicos, los materiales usados en los automóviles y en sus partes de repuesto cambian constantemente (ejemplo polímeros plásticos, aleaciones, fibras, etc.) por lo que dificulta su desmantelamiento y reciclado, de ahí que se dificulte su proceso de separación y clasificación de piezas; sin embargo, de entre todos estos materiales, el metal sigue siendo el principal material utilizado en la carrocería, chasis, partes de motor, y en los elementos de repuesto o refacciones por lo que resulta factible su manejo y reciclaje.

Al igual que en otros sectores productivos o de servicios, que cuentan con programas para reaprovechamiento o disposición final de los desechos generados en sus procesos, el reto para el sector de reparación y/o mantenimiento automotriz es conocer el estado en el tratamiento y gestión principalmente de los desechos metálicos generados en sus actividades, ya que en la actualidad no existen en México normas o programas de manejo públicos o privados enfocados a la gestión de estos residuos que permitan apoyar en la valorización de estos y en el cuidado del medio ambiente.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, el desperdicio de residuos (plástico, metal, vidrio entre otros) afecta el medio ambiente a nivel mundial. Todo producto tiene un ciclo de vida, sin importar el valor económico que tenga; los automóviles tienen un largo período de vida, pero al final se convierten en chatarra, misma que no siempre es aprovechada al igual que sus demás componentes.

El impacto ambiental que representan estos residuos es preocupante, ya que al ser abandonados tienden a derramar líquidos operativos como aceite, combustible, anticongelante, entre otros, contaminando el suelo o el drenaje. Otros componentes como plásticos, madera, cubierta de cables, residuos de trituración de los vehículos, etc., también representan un peligro ya que no son dispuestos de manera adecuada.

Así mismo, es importante resaltar que los materiales de los que están fabricadas algunas autopartes cuentan con un alto potencial de reciclaje y utilización; la tabla 0.1 muestra algunos ejemplos de materiales que son reusados para otros procesos.

Material	Destino
Metales ferrosos	Reciclaje en la industria siderúrgica
Plástico	Reciclaje y disposición final
Metales no ferrosos	Reciclaje en la industria de fundición
Vidrio	Reciclaje
Llantas	Reuso, reciclaje o aprovechamiento energético
Hule	Reuso, reciclaje o aprovechamiento energético
Partes eléctricos	Tratamiento y disposición final
Polímeros	Tratamiento y disposición final

Tabla 0.1. Desglose de materiales y destino de reuso. Adaptado de protossmetales (2020).

Sin duda, es importante conocer los principales materiales de los que está hecho un automóvil; se estima que el 69% de un vehículo, entre carrocería y demás componentes, contiene materiales ferrosos. Muchas piezas de reemplazo que son manejadas en los talleres y centros de reparación están hechas de esos materiales. Al final de su vida útil no son desechadas de manera adecuada, ya que no se trata de una gestión sencilla. En estos centros de trabajo se generan un sinnúmero de desechos, por lo que su manejo conlleva principalmente complejidad administrativa y generación de costos adicionales, aunado a la falta de concientización, coordinación, capacitación en el tema y desconocimiento de normatividad ambiental, que tiene como consecuencia ausencia de responsabilidad en el manejo de piezas y demás desechos.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

El problema de investigación se define considerando la falta de empresas gestoras de desechos metálicos provenientes específicamente de talleres mecánicos, debido a que cada uno de dichos talleres cuenta con diferentes prácticas en el manejo de sus residuos, es necesario contar con planes para estandarizar dicho manejo.

Así mismo, se consideran los beneficios de tipo ecológico y económico respecto a reciclar metal ferroso, por un lado, se disminuye en gasto energético necesario para su extracción y una disminución en el uso de recursos materiales y naturales, y por otro, representa una oportunidad de emprendimiento, ya que esta actividad está en auge debido a la necesidad creciente de diversas industrias por este material (del total del acero producido en el mundo se estima que un 40-45% proviene de chatarra)

Derivado de ello, en el presente trabajo de investigación se plantean las siguientes preguntas:

- ¿Es posible llevar a cabo actividades de reciclaje a partir de la chatarra para la obtención de nuevos productos que se utilizarían dentro de la industria automotriz?
- ¿De qué manera puede contribuir una mipyme en la gestión de desechos metálicos provenientes de talleres mecánicos automotrices?
- ¿Como ayudaría un plan integral de manejo de desechos metálicos en mejorar la operación de los talleres mecánicos y en el cuidado del medio ambiente?

OBJETIVO GENERAL

El objetivo del presente trabajo es analizar la factibilidad para una mipyme gestora de desechos metálicos provenientes de talleres mecánicos, mediante estudios de mercado, técnico, económico y financiero.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Documentar mediante la investigación de campo el estado de la gestión de residuos metálicos, la cual se lleva a cabo en algunos talleres mecánicos en los municipios de Toluca y Metepec, Méx., con la finalidad de conocer el impacto e importancia de su correcto manejo.
- Determinar la oferta y demanda potencial de desechos metálicos provenientes de los talleres mecánicos del área de estudio.
- Definir una propuesta para un programa de gestión de residuos metálicos para los talleres mecánicos del área de estudio, con la intervención de sectores públicos y privados, acorde a las necesidades y oportunidades de negocio, así como proponer mejoras organizativas de acuerdo con las carencias detectadas.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Los alcances del presente trabajo son los siguientes:

- Se aplicó el trabajo considerando los talleres mecánicos de los municipios de Toluca y Metepec, Méx.
- Los residuos metálicos generados en dicho sector, provenientes de refacciones sustituidas son los que se consideran únicamente en la presente investigación.
- Se incluye una evaluación de factibilidad técnica y económica para la operación de una mipyme.

Las limitaciones del trabajo son:

- Al igual que con cualquier mipyme, los recursos para comenzar con algún proyecto de gestión de residuos sólidos metálicos son limitados y tienen cierto grado de incertidumbre debido a factores internos y externos.
- El incluir a un sector como es el de reparación y mantenimiento automotriz que en ocasiones tiene recursos e infraestructura limitada o que no cuenta con estándares de trabajo bien definidos, representa complejidad en el sentido de capacitación o reordenamiento, así mismo la resistencia por parte de los participantes es latente.

- Hasta el momento de esta investigación no existe en el país alguna red o lazos de colaboración de empresas, gremios y gobiernos que coadyuven en actividades de gestión de recursos, tal como es el caso de algunos países de la Unión Europea donde existen asociaciones conformadas por los principales sectores involucrados en el tratamiento de los vehículos y partes fuera de uso (fabricantes e importadores de vehículos, deshuesadores y fragmentadores) y que en su conjunto dan tratamiento a los residuos no solo al final de su vida útil, si no también durante su fabricación y que también velan por la aplicación de requisitos impuestos por la ley referente al tema.

ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El presente trabajo de tesis está conformado por cuatro capítulos que se explican a continuación.

Capítulo 1. Se describe el marco teórico sobre la importancia del uso de metal ferroso en el sector automotriz y de autopartes, la perspectiva de reciclaje del metal a nivel mundial, la importancia del sector de servicios de reparación en el ramo automotriz, su relación con la generación de residuos metálicos y legislación ambiental aplicable a dicho sector.

Capítulo 2. Se describe la metodología propuesta en su primera parte para la creación de una mipyme gestidora de residuos metálicos generados en talleres de reparación y mantenimiento automotriz, de los municipios de Toluca y Metepec Méx.

Capítulo 3. Se describe la aplicación de la metodología al caso de estudio.

Capítulo 4. Se describe el plan de manejo propuesto para el sector considerando sentar las bases metodológicas para futuras intervenciones de investigación referentes al dicho tema y sector.

Finalmente, se desarrollan las conclusiones a partir de los resultados obtenidos, así como recomendaciones que permitirán incorporar a posteriori mayores elementos de estudio referentes al tema; así mismo, se muestra la bibliografía consultada.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

En este apartado se desarrollan los siguientes temas con respecto al metal y la importancia que tiene en diversos sectores productivos, incluido el automotriz, la importancia del reciclaje que tiene este material y su perspectiva a nivel mundial y en México, así como la importancia de este material en las piezas de repuesto utilizadas en los servicios de mantenimiento y reparación realizados en talleres mecánicos.

1.1. EL METAL Y SU IMPORTANCIA EN DIVERSOS SECTORES PRODUCTIVOS

Los metales ferrosos y sus aleaciones, el hierro dulce, o forjado, y la fundición son los más utilizados en diversos sectores productivos y de transformación, ello debido a su bajo costo de extracción y obtención. El hierro es el elemento químico (Fe) que constituye el 5% de la corteza terrestre.

Según la Real Academia de la Lengua Española (2019), se denominan metales a cada uno de los elementos químicos buenos conductores del calor y de la electricidad, los cuales cuentan con un brillo característico y normalmente son sólidos a temperatura ordinaria.

Desde el punto de vista práctico, los metales se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Metales férreos. Incluyen el hierro y todos aquellos metales afines que se utilizan en la industria siderúrgica en la fabricación de metales y demás aleaciones.
- Metales no férreos. Se clasifican en industriales y preciosos, que a su vez abarcan diferentes tipos tales como:
 - Industriales. Aluminio, magnesio, cobre, zinc, plomo, estaño, titanio.
 - Preciosos. Oro, plata, platino, iridio.

De acuerdo con la clasificación anterior, la importancia de los metales está dada por las características intrínsecas que posee cada uno, así, su dureza e integridad permiten su uso en piezas mecánicas sometidas a constante fricción, desgaste y calentamiento, como es el caso de los engranes de transmisiones, pistones o cojinetes de motor o rodamientos de rueda y frenos.

Actualmente, se puede considerar al hierro como la base principal en la producción de acero, ya que este es el material metálico más económico; con el fin de lograr su producción se debe tener una aleación de hierro y carbono, donde este último no

supere al 2.1% del peso de la aleación. Debido a sus propiedades, es sumamente útil en tratamientos de laminación, fundición, forja, corrugación, estampado, etc. Los campos de utilización del acero son innumerables, por ejemplo, la construcción, la industria automotriz, el envasado, los transportes, etc.



Figura 1.1. Ejemplo de utilización de metales ferrosos/no ferrosos en diversos productos. Arkiplus (2020).

Referente al uso de los metales no férreos, que no son utilizados de forma habitual en la fabricación de aceros, se tienen diversos usos, que son:

- El cobre es empleado en la fabricación de aleaciones en electricidad y electrónica, acuñamiento de monedas, fabricación de tuberías y conductores.
- El zinc y plomo se usan para tratamientos anticorrosión en galvanizado, fabricación de baterías, tuberías y recubrimientos.
- Estaño y titanio son empleados en la fabricación de hojalatas y recubrimientos; el titanio también es usado para la fabricación de blindajes militares, como material biocompatible en medicina y como componente en motores o frenos en la industria automotriz.
- Para el caso de metales preciosos, estables y densos como el oro, plata, e iridio, existen aplicaciones en electrónica, joyería y telecomunicaciones.

1.2. PERSPECTIVA DEL RECICLAJE DE METAL A NIVEL MUNDIAL

Resulta ampliamente conocida la importancia que ha adquirido en las sociedades modernas la problemática de la generación de residuos sólidos urbanos (RSU). Los estilos de vida imperantes de mayores niveles de consumismo tienen como consecuencia un mayor número de residuos producidos; esta generación conlleva la necesidad de gestionar adecuadamente dichos residuos, acompañados de la valorización y el destino final apropiado.

Con respecto al reciclaje de metales, esta actividad contribuye significativamente al cuidado del medio ambiente, ya que se estima que puede reducir hasta en un 70% la contaminación producida con respecto al proceso original de minería y extracción. Norgate (2013) refiere que la reducción de la tasa de uso de las reservas mediante el reciclaje de metales contribuirá al uso sostenible de éstos, además, es ampliamente reconocido que el reciclaje de metales resulta en ahorros significativos en el consumo de energía (y, por lo tanto, en reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero), en comparación con la producción de metales primarios. Mientras la cantidad de energía utilizada en el reciclaje de metales depende en gran parte del metal en cuestión, algunos datos respecto a los ahorros de energía típicos reportados sobre metales primarios son los siguientes: aluminio 95%, níquel 90%, cobre 84%, zinc 75%, plomo 65% y acero 60%.

La participación en el mercado de metales ferrosos reciclados constituyó aproximadamente el 90% de la participación total de la industria en 2018, pues éstos cuentan con una amplia gama de aplicaciones en diversos campos, tales como la construcción, el transporte, la maquinaria, la electricidad, electrónica y la defensa. La creciente demanda de metales ferrosos, junto con las nacientes iniciativas en algunos países para promover el reciclaje, impulsará la demanda de metales reciclados y, por lo tanto, se espera un crecimiento del mercado de metales reciclados en los próximos años.

Como ejemplo de ello se tiene que la utilización de metal reciclado en sectores como el transporte y el de la fabricación de componentes automotrices, barcos y aviones constituyó en 2018 aproximadamente el 15% de la cuota mundial de la industria del metal reciclado. El auge de economías como China, India y Japón provocará una demanda de este insumo, lo que ayudará a impulsar la participación general de esta industria para 2025.

En referencia a la tasa de reciclaje, comúnmente este término incluye la tasa de recolección, de recuperación y/o tasa de retorno. Reuter et al. (2005) sugieren que la tasa de reciclaje de un metal hace referencia a la cantidad de materia prima secundaria o chatarra de un determinado periodo con relación a la producción total primaria “n” de periodos anteriores.

En relación con las métricas de reciclaje, se cuenta con la propuesta de Quinkertz et al. (2001), mostrada en la figura 1.2, en donde se consideran cálculos del porcentaje en un proceso de fundición, considerando el ciclo de vida del metal; se propone que la tasa de reciclaje es la cantidad de chatarra refundida (F) entre el total de desechos y material recolectado (C+D), mientras que el porcentaje de

contenido de material reciclado se obtiene tomando en cuenta la cantidad total de material primario más chatarra (G+A).

Sin embargo, esta estimación es sólo una propuesta, ya que calcular con exactitud si un material férreo o no férreo utilizado en la industria fue generado primariamente o ha tenido varias vidas productivas resulta técnicamente complejo.

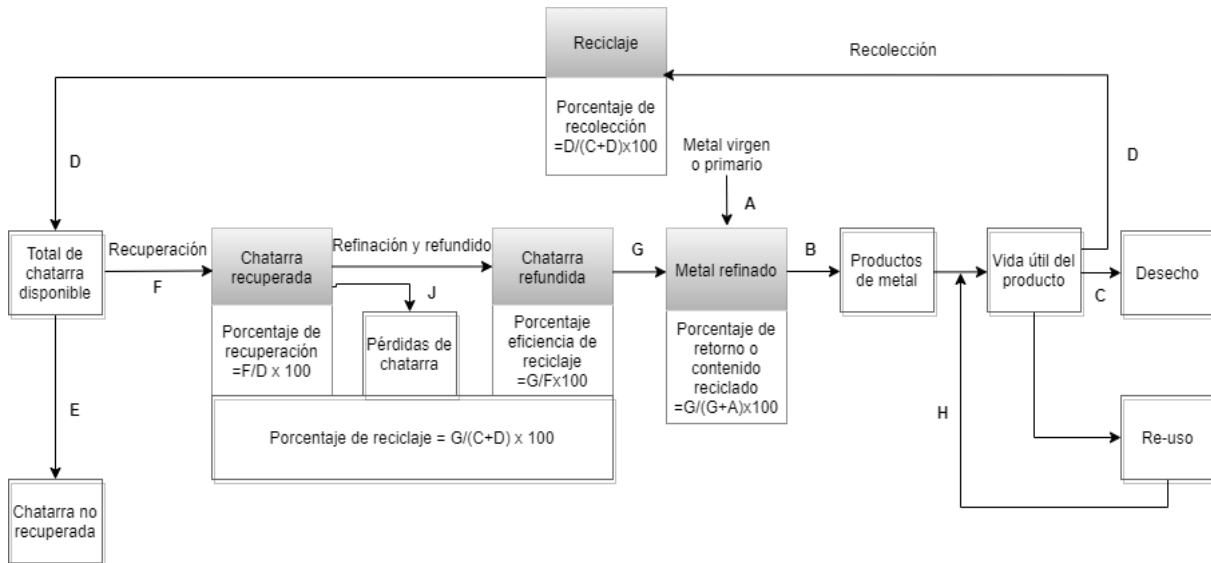


Figura 1.2. Ejemplo de métricas de reciclaje en un proceso de fundición. Adaptado de Norgate (2013).

Con respecto al mercado de reciclaje de chatarra en los Estados Unidos que se toma como referencia al ser uno de los mercados más importantes a nivel mundial, se estimó en 2018 una industria de \$ 26830 mdd, ya que como se ha mencionado la chatarra es uno de los recursos más valorados. Se puede volver a fundir y transformar en nuevos productos innumerables veces. El mercado global de reciclaje de metales tuvo un volumen de 612619 millones de toneladas en 2017 y se espera que alcance 688044 millones de toneladas a finales de 2025, creciendo a una tasa compuesta anual de 1.46% entre 2017 y 2025. Se espera que el mercado mundial de desechos metálicos y reciclaje crezca a una tasa compuesta anual de aproximadamente 2.9% en los próximos cinco años, llegando a 340600 mdd en 2023.

Como ejemplo de la producción de acero crudo en países y regiones claves de la economía mundial, se tienen los datos de la tabla 1.1. que permite tener una idea del incremento en dicha producción en los últimos 5 años.

	2014	2015	2016	2017	2018	% 2018 vs 2017
China	87.5	83.3	90.1	147.9	187.8	27
EU28*	91.6	90.61	88.4	93.6	93.8	0.3
USA	62	56.5	56.7	58.8	60.1	2.2
Japón	36.9	33.53	33.57	35.77	36.51	2.1
Rusia	30.7	27.2	27.8	29.34	30.96	5.5
Turquía	28.2	24.1	25.9	30.27	30.14	-0.4
República de Corea	32.6	29.85	27.4	30.67	29.96	-2.3

*Unión europea conformada por 28 países.

Tabla 1.1. Uso de chatarra para la fabricación de acero por países y regiones (millones de toneladas). Fuente: EUROFER, CAMU, USGS/ISRI-calculations, Japan Ministry of Economy, RUSMET, TCUD, KOSA (2018).

1.3. ANTECEDENTES DE RECICLAJE DE METAL EN MÉXICO Y LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Para México, la industria moderna del reciclaje inició con un producto que ha requerido un manejo especial: los acumuladores para automóviles. La primera empresa que se dio a la tarea de reciclarlos fue Johnson Controls con su marca de acumuladores LTH, ya que, para reciclar parte de los componentes, demandaba el regreso del acumulador con el fin de reutilizar las celdas internas de litio y plomo, así como el casco externo de plástico y metal. En el año 1990, esta misma empresa inauguró su planta destinada a cerrar el círculo ecológico en materia de reciclaje.

Por otra parte, desde el año 1945 se estableció la sociedad mexicana de fundiciones, a la par de la American Foundrymen's Association (AFA) en Estados Unidos, con la finalidad de impulsar la creciente tecnología mundial de fundición en México, ya que se comenzaba a valorar la chatarra metálica generada principalmente en sectores de construcción, industria de materiales y en el naciente sector automotriz. En la actualidad, según datos de esta sociedad, existen cerca de 1500 empresas dedicadas a la fundición, de las cuales el 90% es pymes y están ubicadas principalmente en los Estados de centro, occidente y noreste de la República Mexicana; además, se dedican a la compraventa de chatarra metálica, la cual en su mayoría está destinada para la industria automotriz, ya que se estima que cerca del 65% de los insumos requeridos por las armadoras son provistos de forma local con la finalidad de evitar aranceles adicionales.

Con respecto al manejo de los RSU, de los cuales forman parte los desechos metálicos, México cuenta con algunas iniciativas enfocadas a dicho manejo, como por ejemplo: los programas nacionales de residuos; la Ley General para la

Prevención y Gestión Integral de residuos; la creación de empresas como Avangard, encargada del acopio y comercialización de residuos plásticos; campañas por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), enfocadas al fomento y apoyo de construcción de infraestructuras para minimizar, recolectar, transportar, tratar y reciclar los residuos sólidos en el país; creación de la asociación civil ecología y compromiso empresarial (ECOCE, 2002) para el manejo del plan nacional voluntario de residuos de envases PET, entre otras.

En la década de los ochenta, la política establecida consistió en la creación de los llamados rellenos sanitarios como lugares para la deposición final de los residuos sólidos urbanos. Esta política aún se mantiene y de acuerdo con SEMARNAT (2016), los rellenos sanitarios y los tiraderos a cielo abierto son receptores del 75% de los residuos. Desde la adopción de esta política, en el país sigue predominando el manejo básico de los RSU, que consiste en recolectar y disponer de ellos en los rellenos sanitarios, desaprovechando aquellos que son susceptibles de reciclaje, lo cual disminuiría la demanda y explotación de nuevos recursos, a diferencia de países como España, Suiza, Países Bajos, Alemania, Bélgica, Suecia, Austria y Dinamarca, donde la disposición final de los residuos es de menos del 5% en rellenos sanitarios.

Con respecto a la gestión de los diferentes residuos sólidos urbanos (RSU), en el informe de Greenpeace (2019), llamado: la falacia de la industria en la lucha contra la contaminación plástica, estado del reciclaje en México, estableció una clasificación de los criterios de recuperación de los diferentes RSU generados en el país; los cuales se muestran en la tabla 1.2.

Subproducto	Nivel de recuperación
Algodón	R0
Cartón	R3
Envase multicapa	R3
Cuero	R1
Residuo fino	R0
Fibra dura vegetal	R0
Fibra sintética	R0
Hueso	R0
Hule	R2
Latas	R5
Losa y cerámica	R0
Madera	R2
Material de construcción	R5
Material ferroso	R5

Tabla 1.2. Criterios de recuperación de RSU para reciclaje. Adaptado de Greenpeace (2019).

La descripción de cada uno de estos criterios o niveles de recuperación es:

- R0. No se recupera
- R1. Difícil de recuperar por el bajo precio de venta, dificultad de almacenamiento o acondicionamiento especializado
- R2. Se recupera en lugares específicos por el acondicionamiento requerido para su comercialización que solo algunas instalaciones pueden proporcionar, como las plantas de selección
- R3. Su recuperación es estacional debido a la oferta y la demanda
- R4. No todo se recupera porque requiere cierto acondicionamiento
- R5. Se recupera fácilmente y tiene un alto precio de venta

Para efectos de esta investigación, se considerará la clasificación anterior de los niveles de recuperación, ya que permite tomar en cuenta factores de facilidad de almacenaje, manejo, acondicionamiento y mercado para el subproducto resultante y brinda una idea del nivel de recuperación de los diferentes residuos sólidos urbanos, incluidos los residuos metálicos.

Como se puede apreciar en la tabla 1.2, los desechos metálicos ferrosos y no ferrosos cuentan con la clasificación R5, por lo que son altamente susceptibles y atractivos para el reciclaje, razón por la cual México es el país que mayor porcentaje de acero recicla; esto le ha llevado a convertirse en uno de los principales productores a nivel mundial. Según datos de la Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero (CANACERO, 2019), más del 30% del acero obtenido en México se produce a través del reciclaje de la chatarra, lo cual representa un nivel superior al promedio mundial que es del 22%.

Referente a lo anterior, la figura 1.3 muestra los datos del número de toneladas de materiales ferrosos y no ferrosos producidos en México al 2019 a partir del reciclaje de metales, incluida la chatarra, lo que permite tener una idea de la importancia de la reutilización de dicho insumo.

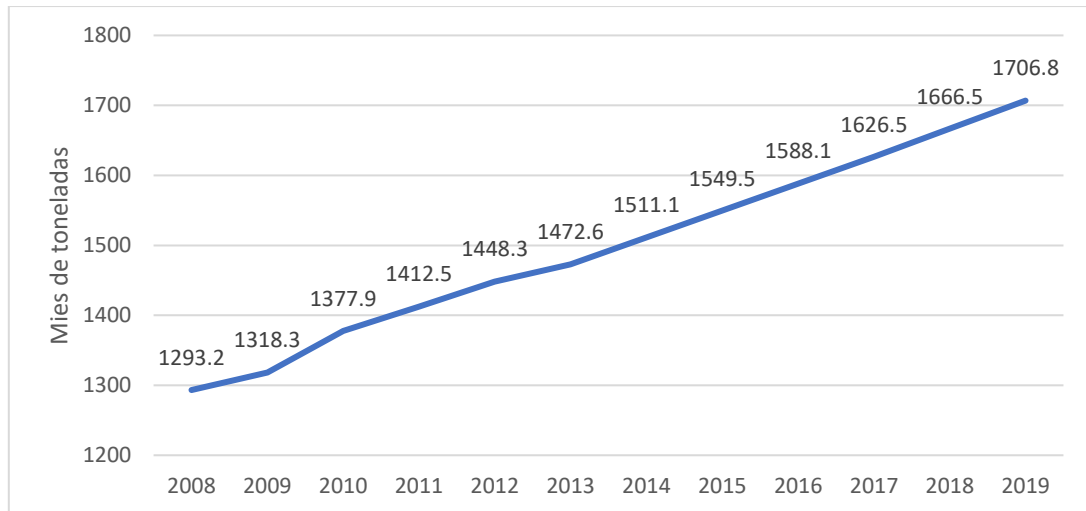


Figura 1.3. Cantidad de metales producidos en México a partir del reciclaje. Fuente: SEMARNAT (2019).

De acuerdo con la información presentada en la figura 1.3, este nivel de reciclaje de metal es una oportunidad abierta y disponible para llevar a cabo esta actividad a una escala mayor, ya que, como se mencionó anteriormente, las industrias dedicadas a la fundición de este material lo obtienen principalmente de la compra-venta de chatarra, misma que se obtiene de grandes sectores tales como la construcción, industria (rebaba y desechos industriales), chatarra automotriz (yonques y deshuesaderos). Sin embargo, se están dejando de lado los pequeños sectores como chatarreros, mipymes, etc.

Algunos de los obstáculos para lograr un avance significativo, consisten en que la recolección y la disposición de los residuos se encuentre dentro del marco de las competencias municipales, y también en que la mayoría de los casos las autoridades no cuentan con programas específicos para este fin. Por lo tanto, el establecimiento de los lineamientos como los programas nacionales de residuos, o la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos y su reglamento, deben trabajar en conjunto con las legislaciones estatales y municipales para obtener resultados. El éxito de las leyes y los programas radicará en las capacidades estatales y municipales de poner en marcha los instrumentos de política pública, de la creación y adopción de programas para la recolección, tratamiento y disposición final de desechos metálicos, así como en los recursos asignados a la infraestructura para realizar una gestión integral y exitosa de estos residuos.

1.4. LA MECÁNICA AUTOMOTRIZ Y SU EXPANSIÓN DENTRO DEL SECTOR DE SERVICIOS EN MÉXICO

1.4.1. Antecedentes de la mecánica automotriz en México

En México, como en muchos países, antes de la aparición de los primeros modelos automotores, el traslado de mercancías o de personas se llevaba a cabo en carruajes tirados por animales de carga; esto representaba una inversión considerable en tiempo y desgaste físico. Con la aparición de los primeros automotores de combustión interna producidos principalmente en países como Estados Unidos, Alemania, Francia o Italia, se dio lugar a que en las ciudades fuera cada vez más común ver vehículos mecanizados recorriendo distancias en menos tiempo y con la comodidad que esos primeros prototipos podían ofrecer.

En 1903 llegan los primeros automóviles a la Ciudad de México, en aquel año se totalizaba un parque vehicular de 136 unidades; para 1906 éste creció hasta las 800 unidades. Esto implicó, entre otros aspectos, que no solo las calles y avenidas de las ciudades fueran adecuadas para la correcta circulación de vehículos tirados por animales y para los nacientes vehículos automotores, sino también la necesidad de contar con personas con conocimientos técnicos para dar mantenimiento a los vehículos. Al principio, al no contar con personal capacitado para atender averías, se recurría a herreros o a mecánicos de bicicletas que arreglaran o fabricaran piezas. En algunos casos, los dueños de estos primeros automotores consideraban contratar a un chofer-mecánico, quien era el encargado de conducir el coche y de mantenerlo en perfecto estado. Estos empleados no eran solo mayordomos, sino que se les consideraba capacitados y de confianza para cuidar y mantener un bien tanpreciado y poco común en esa época.

A partir de los años veinte, la industria del automóvil tuvo un despegue ya que, gracias a la aparición de la marca Ford y de modelos Ford T., se comenzaron a sacar nuevas actualizaciones que utilizaban partes de modelos anteriores y el sector de la reparación comenzó a crecer, derivado de la creciente demanda. Para 1921 en México, conforme a los resultados del Censo General de Habitantes, se declararon 26,875 mecánicos en general (Geografía, E. D. N. I. Y. et al., 2009). Se estima que esta cifra fue posible porque en 1838 se fundó en México el Colegio Militar, que tuvo gran importancia en la historia de la enseñanza de la ingeniería en el país, pues en él se formaron los primeros ingenieros especializados en mecánica bélica, hidráulica y construcción.

Durante los primeros años, el modelo de trabajo en los talleres era fragmentado; se contaba con pocos talleres y, por ende, con poco o nulo personal, incluido el propietario. El precio se fijaba según el número de horas que el mecánico dedicaba a cada reparación.

Debido al auge de la producción en masa de automóviles, adquirir un vehículo fue posible para un mayor número de personas; ello derivó en la necesidad de contar con personas preparadas y con los conocimientos necesarios, acorde con la tecnología y la composición mecánica de aquellos vehículos. En tiempos modernos, para los mecánicos automotrices existe el reto de aumentar su preparación técnica y teórica, ya que las asignaturas de electrónica y eléctrica, además del manejo de herramientas y equipo de diagnóstico computarizado, son necesarias dada la complejidad tecnológica con la que actualmente cuentan los automóviles.

En México, de acuerdo con cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020), a noviembre de 2020 se contabilizaron 35,127,128 automóviles particulares registrados en circulación; sin embargo, desde el año 2010 la industria automotriz mundial se ha visto afectada debido a la recesión económica mundial. Por tal motivo se han visto situaciones de despidos, cancelaciones de producciones de modelos y caídas en ventas. Por ejemplo, en México, durante los años 2018 y 2019, se registró una disminución de 7.7% en la venta de vehículos con respecto al periodo anterior y se espera que esta tendencia se mantenga para el periodo 2020-2021.

Esta situación ha dado origen a que la gente prefiera mantener en buenas condiciones un auto durante más tiempo, en lugar de adquirir uno nuevo y engancharse con un crédito. Además, otro de los detonantes para el auge de la mecánica automotriz es que los automóviles más recientes cuentan con sistemas cada vez más sofisticados y con nueva tecnología; por ello, requieren de un servicio profesional con personal capacitado, refacciones de tipo y características originales, así como de un equipo especializado.

1.4.2 Descripción de los servicios preventivos y correctivos

Un taller mecánico o centro de servicio automotriz es el lugar en donde se llevan a cabo los servicios correctivos y preventivos a automóviles; a continuación, se detalla más a fondo dichos servicios.

El servicio mecánico preventivo es aquel llevado a cabo para la conservación del vehículo en su conjunto mediante actividades de revisión y limpieza, tiene como

objetivo mitigar las fallas antes de que éstas ocurran. Una de las principales acciones es el cambio de piezas desgastadas, como filtros, bujías, balatas y discos de frenos, aceites y lubricantes.

El cambio de piezas se puede realizar según distintos criterios.

- Mantenimiento programado. En donde las revisiones se realizan por tiempo, kilometraje, horas de funcionamiento, etc. Por ejemplo, se determina un mantenimiento programado para la presión de las ruedas, que se puede llevar a cabo cada tres meses, el aceite del motor se cambia cada 10,000 km, y la banda de distribución se sustituye cada 90,000 km.
- Mantenimiento predictivo. Que se trata de determinar el momento en el cual se deben efectuar las reparaciones mediante un seguimiento que determine el periodo máximo de utilización antes de ser reparado; esto se registra en una bitácora o manual de servicio que administran tanto el cliente como el taller.
- Mantenimiento de oportunidad. Que se realiza aprovechando los periodos de no utilización del vehículo. Esto quiere decir que, si se utiliza el auto solo unos días a la semana y se pretende hacer un viaje largo con él, es apropiado realizar las revisiones y las posibles reparaciones en los días en que no se utiliza, antes de iniciar el viaje, garantizando de este modo su buen funcionamiento durante el trayecto.

Por su parte, el mantenimiento correctivo se realiza cuando ocurre una falla que, por su naturaleza, no puede planificarse en el tiempo; ésta representa costos por reparación y repuestos no presupuestados, porque implica el cambio de piezas. Se puede considerar como de atención inmediata cuando afecta el arranque y funcionamiento del vehículo, o diferido cuando no se requiere de atención inmediata, ya que la falla puede no afectar en el momento y el vehículo puede funcionar, pero sí requiere atención posteriormente.

De acuerdo con la información anterior, la figura 1.4 presenta a modo de resumen el proceso de mantenimientos preventivos y correctivos llevados a cabo por la mayoría de los talleres automotrices.



Figura 1.4. Esquema general de servicios de mantenimiento automotriz preventivo y correctivos. Elaboración propia.

1.5. LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN TALLERES Y CENTROS DE MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

El manejo de residuos automotrices que se realiza en países en vías de desarrollo es muy diferente al manejo que reciben los autos en países industrializados de la UE y otros. En países como México, por décadas, algunas autoridades no han dado la importancia requerida al manejo o gestión de productos complejos al final de su vida útil, como los automóviles, aparatos eléctricos, electrónicos y de línea blanca.

El actual manejo de residuos en México se rige por las leyes del mercado, donde solamente aquellos materiales susceptibles de ser comercializados son recuperados y reciclados, y en donde el objetivo principal de los actores de la cadena consiste en obtener el mayor beneficio posible. La cadena que se encarga del manejo de residuos se encuentra desagregada, ya que no existen relaciones comerciales entre los participantes como, por ejemplo, usuarios finales, recolectores, desmanteladores, recicladores y fabricantes.

Debido a estas condiciones, la mayoría de las actividades que se realizan en el manejo de dichos componentes en México no están estandarizadas, por lo que existe una ineficiente recuperación del valor de éstos. Además, afecta de manera negativa a la economía por el aumento de importaciones de chatarra ferrosa, que a su vez se produce por la ineficiencia en la recuperación de este material en el país. De acuerdo con la Cámara Nacional de Acero (CANACERO), en 2020 México importó casi 2200 millones de toneladas de chatarra ferrosa.

Cada vehículo está formado por gran cantidad de piezas; se estima que, por ejemplo, la transmisión de un vehículo convencional está conformada por, al menos, 400 piezas. La carrocería, que a simple vista podría parecer sencilla, puede llegar a conformarse por un total de 500 piezas equivalentes a un peso aproximado de 350 kg.

En promedio, el número de piezas estimado para el ensamble de un vehículo convencional se encuentra entre las 70,000 y 100,000 unidades, lo que equivaldría a más de una tonelada de peso. No obstante, este número de repuestos ha variado con el paso del tiempo y con las mejoras tecnológicas que cada marca va agregando, que hacen crecer notablemente el total de partes y elementos que formarán el conjunto.

Algunos de los principales materiales que componen esta variedad de piezas en el automóvil son las siguientes:

- Acero. En promedio, un auto puede contener 1,350 kilogramos de acero. Éste se usa para fabricar el chasis subyacente o la caja debajo del cuerpo que forma el esqueleto del vehículo y que da integridad y firmeza. Las puertas, el techo y los paneles de la carrocería están formados de acero. Algunas partes para acomodar el motor, como bases y soportes, además de otras piezas, contienen este material; incluso los escapes están hechos de acero inoxidable.
- Plástico. Se utiliza mayormente en los componentes internos de los autos, según señala el American Chemistry Council (ACC; 2019). En EUA, el plástico compone cerca del 50% de la construcción de vehículos nuevos, esto debido a que es durable, barato de fabricar y puede moldearse de cualquier forma. Ejemplos de piezas fabricadas en plástico son medidores, interruptores, las ventilas de aire acondicionado, manijas, tapetes, bolsas de aire, sensores, tapas de carrocería, mangueras, tolvas, etc.
- Aluminio. Este es un material relativamente nuevo en la manufactura de vehículos. Se empezó a usar en la industria automotriz por ser liviano y debido a su natural resistencia. En 2009, los componentes de aluminio

conformaban cerca del 9% del peso de un vehículo, comparado con el 5% en 1990 y sólo el 2% en 1970. Actualmente, este material se utiliza en la fabricación de motores, catalizadores, tomas y bombas de agua, radiadores, ventiladores y aspas.

- Hule. Además de encontrarse en las llantas, el hule se puede encontrar en los limpiaparabrisas, molduras del motor, sellos, mangueras y bandas. Al igual que el plástico, el hule es muy durable, económico y flexible, por ello tiene un amplio abanico de usos en los autos.
- Vidrio. Su uso primario se da en los parabrisas, ventanas y medallones de los vehículos, pero recientemente también es utilizado en pantallas de dispositivos de navegación o en los lentes de cámaras de reversa, que permiten a los usuarios tener una mejor vista de lo que hay detrás del vehículo.

Tomando en consideración la información anterior, existe una variedad de residuos conformados a partir de los materiales anteriormente mencionados que generan en los talleres mecánicos. Las cantidades dependen del tipo de trabajo que se realice (mantenimiento preventivo o correctivo) y comúnmente son considerados como residuos no peligrosos, porque no presentan ningún tipo de peligro ni toxicidad. Esto a excepción de los residuos que se encuentren contaminados con algún líquido corrosivo o contaminante, ya sea aceite, ácido, líquido de frenos o anticongelante.

También se generan otros tipos de residuos en los talleres mecánicos, que deben ser manejados y llevados a disposición final; sin embargo, como requieren de un tratamiento más especializado, para efectos de este trabajo no se considerarán.

Algunos de estos residuos son:

- Residuos peligrosos o tóxicos. Se trata de todo residuo que presenta cierto grado de peligrosidad para la salud de las personas o el medio ambiente. Algunos ejemplos de este tipo de residuos son las baterías, las pinturas, los aerosoles, bolsas de aire, aceites de motor o de transmisión, líquido de frenos y anticongelantes.
- Residuos contaminados. En este caso se trata de residuos que por su naturaleza no son peligrosos pero que, al finalizar su vida útil, han quedado impregnados con otras sustancias peligrosas. Un ejemplo sería el papel manchado de aceite, grasa o pintura, los envases con restos de producto químico, filtros usados, etc.

1.6. EL METAL COMO PRINCIPAL COMPONENTE EN PARTES DE RECAMBIO

El portal especializado de reparación automotriz blog.reparacion-vehiculos.es (2020), informa que en promedio un 69% es el porcentaje de acero y hierro que conforma un automóvil en sus diferentes componentes, mientras los metales no férricos equivalen a 4%, y el cobre o bronce cuentan con un 1.3%. Entre los otros materiales, el plomo, encontrado principalmente en las baterías, consta de un 0.84%, el zinc de un 0.22%, y a otros metales como aluminio, níquel, cromo y manganeso les corresponde un 3.5%. El resto de los materiales de platino, iridium, rodio o paladio (encontrados en los catalizadores) ocupan apenas un 0.1%.

Así mismo, se estima que es posible reciclar o reutilizar casi un 95% de cada automóvil; ahí radica la importancia de que estos materiales pueden ser rescatados. En el anexo A se muestran algunos de los principales repuestos que conforman cada uno de los principales sistemas funcionales vehiculares, y que son considerados para efectos de esta investigación. Se puede apreciar en el desglose de dicho anexo que el metal es el material predominante y, a partir de éste, se realiza la mayoría de dichos repuestos.

1.7 EL MERCADO DE AUTOPARTES DE REPUESTO EN MÉXICO

El sector de autopartes se compone de tres mercados: el de empresas ensambladoras, el de exportación y el mercado de repuesto. El mercado de repuestos ha tenido un crecimiento sostenido con incremento en las ventas del 10.88% entre 2017 y 2019; se espera un crecimiento de 13.7% en 2020. Este fenómeno se relaciona con tres factores: crecimiento y antigüedad de la flota vehicular, así como la situación económica de los consumidores. La flota vehicular creció en México aproximadamente en 11% entre 2018 y 2020, pasando de 31 a 34 millones de unidades; la mayoría (66.4%) son vehículos particulares, 28.6% son camiones y camionetas para carga y el 1% de camiones de pasajeros. El parque vehicular tiene una edad promedio de 16 años; sin embargo, existen registrados, de forma agregada, 8.9 millones de vehículos modelo 1985 y anteriores, de los cuales se desconoce la estructura de antigüedad; estas unidades tendrían por lo menos 26 años de uso (INEGI, 2020).

En 2019, la industria de autopartes en México representó, según estimaciones de Importadores y Distribuidores de Refacciones para Automóviles (ARIDRA, 2019), un valor de mercado de 98,000 millones de dólares y, se espera que tenga un crecimiento de entre el 3% y 3.5% para los siguientes años; esto, de acuerdo con dicha asociación que representa a las empresas del sector.

El mercado de repuesto se encuentra bien identificado y, formalmente, lo constituyen los fabricantes de autopartes, los distribuidores mayoristas, reconструкторes de autopartes, las refaccionarias desde micro, pequeñas y hasta las grandes comercializadoras e importadoras, agencias de vehículos, empresas que venden autopartes usadas (llamadas comúnmente deshuesaderos), los talleres y los consumidores. Todos estos actores en conjunto contribuyeron en el 2020 con el 20.5 por PIB manufacturero y con el 3.8 por ciento al PIB nacional.

La figura 1.5 detalla un esquema de los diversos actores del mercado de repuesto en México, así como de las interrelaciones que tienen entre sí, que dan como resultado que ese sector sea económicamente fundamental para la economía del país.

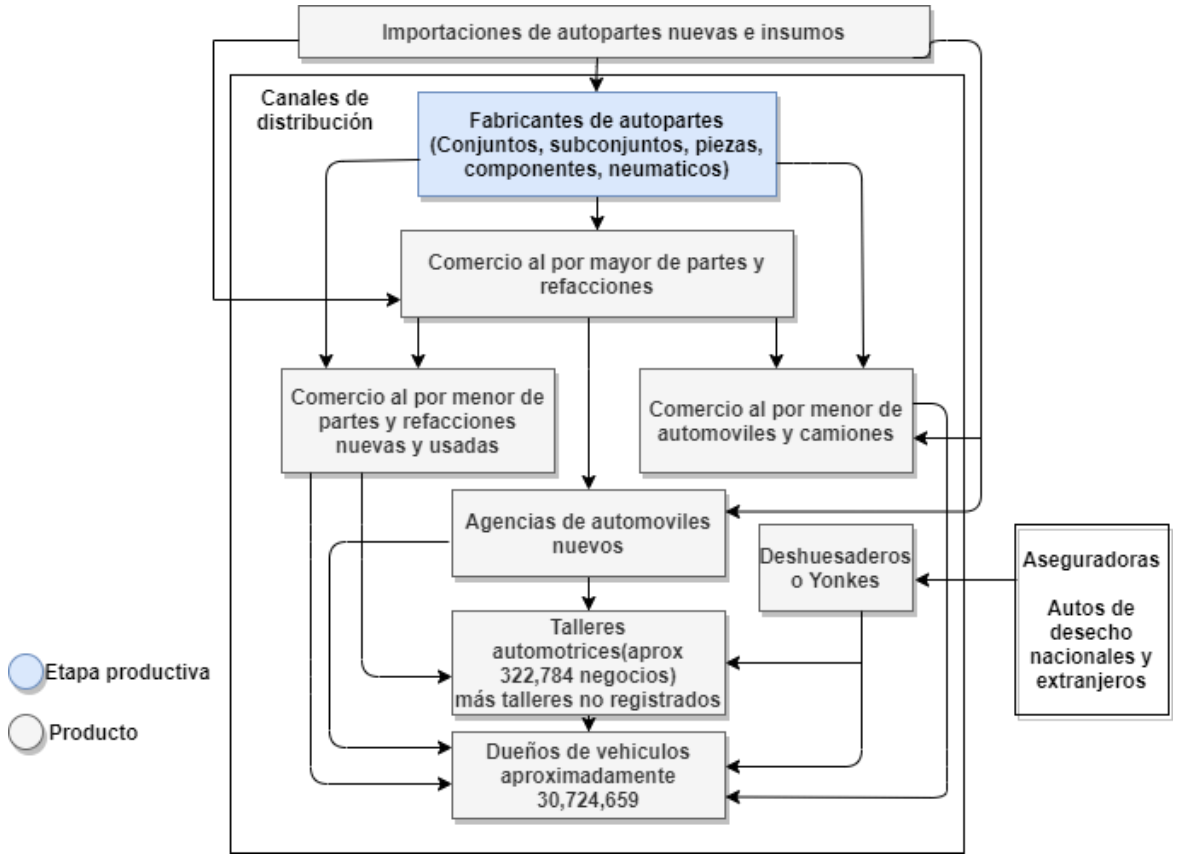


Figura 1.5. Estructura del mercado de autopartes en México. Adaptado de Calderón (2011) e INEGI (2010).

De acuerdo con información de Industria Nacional de Autopartes (INA 2017) México fue el quinto productor mundial de autopartes y primero en América Latina, y se estima que para el periodo 2021-2022 México podría convertirse en el cuarto productor de autopartes en el mundo incluso desplazado a Alemania (Cluster

Industrial 2021), debido a que se espera la llegada de más empresas proveedoras de autopartes que atiendan la demanda de las armadoras de BMW, Mercedes Benz, Toyota y las automotrices chinas.

1.8. CADENA DE VALOR DE LA INDUSTRIA DE AUTOPARTES

De acuerdo con Porter (1985), una cadena de valor considera a las principales actividades de una organización como los eslabones de una cadena de actividades que van añadiendo valor al producto a medida que éste pasa por cada una de ellas. Esta herramienta clasifica las actividades generadoras de valor en primarias y de apoyo, las cuales se explican a continuación.

Actividades primarias o de línea. Son aquellas actividades directamente relacionadas con la producción y comercialización del producto tales como:

- Logística interior (de entrada). Actividades relacionadas con la recepción, almacenaje y distribución de los insumos necesarios para fabricar el producto.
- Operaciones. Actividades relacionadas con la transformación de los insumos en el producto final.
- Logística exterior (de salida). Actividades relacionadas con el almacenamiento del producto terminado y con la distribución de éste hacia el consumidor.
- Mercadotecnia y ventas. Actividades relacionadas con el acto de dar a conocer, promocionar y vender el producto.
- Servicios. Actividades relacionadas con la prestación de servicios complementarios al producto, ya sea la instalación, reparación y mantenimiento de éste.

Actividades de apoyo o de soporte. Son aquellas actividades que agregan valor al producto, pero que no están directamente relacionadas con la producción y comercialización de este, sino que sirven de apoyo a las actividades primarias, las cuales se mencionan a continuación:

- Infraestructura de la empresa. Actividades que prestan apoyo a toda la empresa, tales como la planeación, las finanzas y la contabilidad.
- Gestión de recursos humanos. Actividades relacionadas con la búsqueda, contratación, entrenamiento y desarrollo del personal.
- Desarrollo de la tecnología. Actividades relacionadas con la investigación y desarrollo de la tecnología necesaria para apoyar a las demás actividades.
- Aprovisionamiento. Actividades relacionadas con el proceso de compras.

De acuerdo con lo anterior, el sector de autopartes, no solo en México sino también a nivel mundial, cuenta con una cadena de valor robusta, ya que está conformada por un sinnúmero de actividades que, a través de su desagregación en cada uno de sus eslabones productivos, muestra el valor singular que genera en cada uno de ellos.

La figura 1.6 muestra un ejemplo de la conjunción de algunas actividades de línea (logística y operaciones) y de algunas de apoyo (infraestructura, I+D, aprovisionamiento) que forman parte de la cadena de valor de la industria de autopartes.

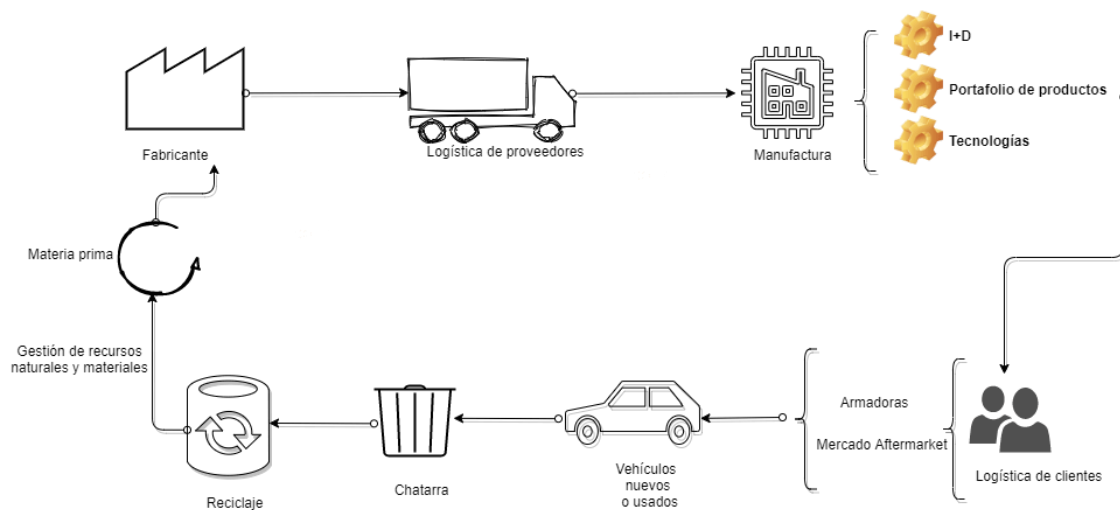


Figura 1.6. Cadena de valor de la industria autopartista. Elaboración propia.

1.9. AUTOPARTES Y RECICLAJE DE MATERIALES

La industria del reciclaje de autopartes ha cambiado significativamente en los últimos años debido a la innovación tecnológica en la fabricación de componentes y al armado de vehículos, también a las reformas en algunos países que condujeron a mayores restricciones ambientales, a la economía, y al surgimiento de un mercado internacional demandante de materias primas recicladas. Se estima que alrededor del 75% del metal en un coche es susceptible al reciclaje (Sornosa, 2010), en cambio, el 25% restante plantea dificultad por la diversidad de materiales. En un automóvil mediano hay alrededor de unos 600 materiales distintos: metales, vidrio, plásticos, cerámicas, piel, hule, etc.

La recuperación de partes de vehículos que llegan al final de su vida útil, así como de aquellas piezas fuera de especificaciones o no contempladas y generadas durante la etapa de fabricación o armado, y que están conformadas por una gran

variedad de tipos de materiales como por ejemplo plásticos, se ha convertido en un asunto importante para los fabricantes de autopartes. El esquema convencional para la recuperación y reciclado de vehículos al final de su vida útil es determinado por prácticas estándar en los procesos de recuperación de metales, como la separación magnética. Como ya se ha mencionado, los metales forman alrededor del 75% del peso del vehículo, y al final de su vida útil se convierten en chatarra, que a su vez se convertirá en materia prima para otros procesos productivos diferentes, o para la misma industria automotriz.

Para el caso de los plásticos y otros materiales, se debe considerar utilizar no sólo el reciclado mecánico, sino también la recuperación energética y el reciclado químico. La recuperación energética es posible debido a las propiedades calóricas de los plásticos, lo que los convierte en un combustible valioso para generar electricidad y calor en otras industrias como, por ejemplo, empresas cementeras que utilizan desechos plásticos, orgánicos o químicos con la finalidad de generar calor.

De acuerdo con Méndez et al. (2017), los plásticos son cada vez más importantes en el armado de los automóviles, ya que estos materiales permiten a los fabricantes obtener tanto una flexibilidad en el diseño como una facilidad durante el proceso de producción. Esto conlleva a reducir los costos y producir vehículos más ligeros, lo cual es clave para mejorar la economía de combustible y cumplir las normas de emisiones.

Un factor importante en la selección de dichos materiales es el cumplimiento de requerimientos técnicos específicos para el sector automotriz, como son las propiedades de resistencia química, la resistencia al impacto, el módulo de flexión, el coeficiente de expansión térmica, entre otros. Así pues, los plásticos representan entre un 16% y 18% del peso total del automóvil.

Algunas de las principales aplicaciones de los plásticos en la industria automotriz son:

- Parachoques
- Carcasas
- Faros y espejos laterales
- Tableros de instrumentos
- Asientos y respaldos
- Paneles de puertas
- Contenedores de fluidos
- Partes plásticas automotrices

Aunque se han llegado a utilizar hasta 13 polímeros diferentes en un solo modelo de coche, principalmente tres tipos de plásticos representan alrededor del 66% del total de plásticos utilizados en un automóvil: polipropileno (32%), poliuretano (17%) y PVC (16%). El polipropileno es muy resistente químicamente y casi completamente impermeable a la humedad y al agua. Al ser utilizado en color negro se tiene mejor resistencia UV y se utiliza en parachoques automotrices, tanques de productos químicos, aislamiento de cables, cajas de baterías, contenedores de gasolina, alfombras interiores y exteriores, fibras de alfombras, etc.

Como se ha mencionado, los metales, tanto ferrosos como no ferrosos, son la principal materia prima constante en la industria metalmeccánica y automotriz. La firma BMW (2020) asegura que un 85% del metal de sus vehículos puede tener una nueva vida. Otro ejemplo de ello es la política de reciclaje de Kia Motors Corp. (2020), la cual sigue las mismas directrices, buscando cerrar el ciclo de vida de sus modelos incorporando la ideología "Diseñado para el reciclaje", que facilita el desarme y desmonte de piezas. Por su parte, la firma alemana VW Group (2020) estima que partes de sus vehículos deshuesados podrían ser utilizados hasta en un 90%.

La figura 1.7 muestra un ejemplo de los esquemas de publicidad referentes a las políticas de reciclaje de una de las principales armadoras de automóviles VW Group.



Figura 1.7. Imagen ilustrativa del esquema de reciclaje de VW Group. (2020).

Por su parte, la industria de autopartes también participa activamente en actividades de reciclaje, principalmente de metales, que es su principal fuente de materia prima; como ejemplo, se tiene a la empresa productora más grande de componentes para suspensión, Rassini Frenos (2020), que ha implementado una cadena vertical de producción de frenos que incluye actividades de reutilización de hierro gris, nodular, desperdicio y chatarra, proveniente de diversos desechos metálicos que, de

acuerdo con sus propiedades, son utilizados para la fabricación de nuevos componentes metálicos.

1.10. LEGISLACIÓN AMBIENTAL EN MÉXICO REFERENTE AL MANEJO DE RESIDUOS AUTOMOTRICES

En cuestiones ambientales, la constitución mexicana establece en su artículo 4º párrafo quinto que toda persona tiene derecho a un medioambiente adecuado para su desarrollo y bienestar; el estado, como partícipe de la aplicación de este artículo, debe proveer los medios adecuados para su aplicación.

El marco general para la regulación de los residuos en México está establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). En ella se clasifican los residuos en peligrosos y no peligrosos y se distribuyen las competencias de los distintos órdenes de gobierno en relación con esta clasificación, en los artículos 7, 9, 11 y 137. Señala que es competencia de las entidades regular los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales no peligrosos y que para prevenir y controlar la contaminación del suelo es imperativo evitar y reducir la generación de residuos sólidos incorporando técnicas y procedimientos para su uso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientemente. Mientras que la responsabilidad de los residuos peligrosos recae en el gobierno al nivel federal, el manejo de los residuos de conducción especial corresponde al nivel estatal y el de los residuos sólidos urbanos a los municipios.

La ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente (LGPGIR) fue publicada y puesta en marcha en 2004. Define los principios de política ambiental e instrumentos de aplicación; asimismo, expone la asignación de competencia para los tres niveles de gobierno. Esta misma ley establece bases para aplicar principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos sólidos en el país. Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos. También sugiere un cambio de paradigma, donde los ciudadanos son los responsables del consumo de productos, que, al ser desechados, se convierten en residuos. Se establece la prevención y gestión integral, responsabilidad compartida, diagnósticos básicos, programas para la prevención y gestión integral, se definen categorías de generadores y la presentación de planes de manejo, por lo que se trata de una ley integral y referente en materia ambiental. Desde su publicación ha sido sujeta a mejoras y actualizaciones en sus artículos conforme las actividades y entornos económicos, sociales y políticos del país, los cuales han cambiado.

En el caso de los residuos automotrices en México, no existen planes específicos para su manejo. A la fecha, solamente existe una serie de NOM (normas oficiales mexicanas) que regula de forma separada diferentes tipos de residuos y materiales y en la que se incluyen componentes y materiales contenidos en los vehículos.

Algunos ejemplos de NOM referentes al manejo de residuos sólidos aplicables solo a algunos componentes de los vehículos son los siguientes:

- a. NOM-052-ECOL-1993. Que establece las características de los residuos peligrosos, la lista de ellos, y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad para el medio ambiente.
- b. NOM-053-ECOL-1993. Que establece el procedimiento para llevar a cabo la extracción de la prueba para determinar los compuestos químicos que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad para el medio ambiente.
- c. NOM-054-ECOL-1993. Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993
- d. NOM-055-ECOL-1993. Que establece los requisitos que deben reunir los sitios que se destinarán para un confinamiento controlado de residuos peligrosos previamente estabilizados.
- e. NOM-056-SEMARNAT-1993. Que establece los requisitos para el diseño y la construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
- f. NOM-057-SEMARNAT-1993. Que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
- g. NOM-058-SEMARNAT-1993. Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.
- h. NOM-083-SEMARNAT-2003. Que contiene especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

En cuanto a la reglamentación estatal del Estado de México, se cuenta con leyes y reglamentos que regulan la generación y el manejo de desechos sólidos urbanos como, por ejemplo:

- Ley de protección al medio ambiente del Estado de México
Establece las normas de protección y restauración del ambiente, también las de conservación y aprovechamiento racional de los recursos naturales en el

ámbito territorial del Estado de México. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto:

- I. Definir los ámbitos de competencias entre el Estado y los municipios en materia de protección y restauración del ambiente.
 - II. Establecer los principios y criterios de la política ambiental y su gestión en el Estado y municipios, así como regular los instrumentos para su aplicación.
 - III. Prevenir los impactos ambientales negativos que pudieran producir los proyectos de desarrollo.
- Ley de protección al ambiente para el desarrollo sustentable del Estado de México
De su artículo 4°. Fracción XXVI, se rescata la definición de material peligroso. Es todo elemento, sustancia, compuesto, residuo o mezclas de ellos, que independientemente, de su estado físico, sólido, líquido o gaseoso, represente un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas que posea dicho material (GEM, 1997).
 - Código para la Biodiversidad del Estado de México (CBEM)
Establece pautas referentes a la prevención de la generación, aprovechamiento, valorización y la gestión segura e integral de los residuos sólidos urbanos y de su manejo, que no corresponde a la Federación, fomentando la reducción, reutilización y reciclado, así como la prevención de la contaminación, la remediación y restauración de los suelos contaminados con residuos (CBEM, 2005).

Además, se cuenta con una dependencia, la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México (PROPAEM), que está facultada para llevar a cabo el control, vigilancia, auditar y evaluar a todo aquel que intervenga con el medio ambiente. La PROPAEM debe observar las disposiciones contenidas en las disposiciones jurídicas, donde se resaltan aquellas relacionadas en dar fundamento legal a las propuestas de manejo para los residuos generados en los talleres y centros de mantenimiento automotriz.

A este respecto, los talleres y centros de reparación automotriz (sin considerar su tamaño) se consideran micro o pequeños generadores de residuos peligrosos (RP), debido a las cantidades de residuos de este tipo que generan. En la normativa, estos talleres no están regulados tan severamente como los grandes generadores de RP y algunas industrias más contaminantes, pero sí están sujetas a las disposiciones de los municipios y a las leyes estatales con respecto al manejo y disposición final de RP, como podrían ser lodos, grasas, aceites y combustibles automotrices.

Por último, en materia municipal, se cuenta con los bandos municipales, los cuales son instrumentos administrativos dictados por cada municipio y contienen normas de observancia general requeridas por el gobierno y la administración pública municipal, y que, en cuestiones de servicios públicos municipales, se señalan, entre otras, al traslado, la recolección, el tratamiento, la transformación y la disposición final de residuos sólidos municipales.

Como conclusión, por lo que se refiere a normativas gubernamentales referentes al manejo de residuos peligrosos, se cuentan con las indicadas únicamente para el manejo y disposición de ciertos residuos o sustancias, ya que en su momento las autoridades percibieron el peligro que representó para el medio ambiente su manejo y desecho inapropiado. Sin embargo, en cuanto a otros desechos como los metales y sus derivados, hasta la fecha de la presente investigación, no se cuenta con alguna normativa o guía con la cual se abarque su manejo, recolección y disposición final, no solo para aquellos generados en los talleres y centros de reparación automotriz, sino también para otros sectores productivos que generan este tipo de desechos. Por tal motivo, sería fundamental una valoración por parte de las instancias gubernamentales correspondientes sobre el impacto ambiental, económico o social, derivado de no contar con políticas y normativas específicas en el tema.

1.11. Proyectos de desarrollo y etapas de implementación

1.11.1. Concepto de un proyecto de desarrollo

Un proyecto de desarrollo consiste en el análisis cuidadoso de una idea que puede surgir de una persona o grupo de personas del sector público o privado, en cualquier sector de la economía. La importancia de éste radica en que, al crear una unidad productiva de bienes y/o servicios, se atiende o satisface la necesidad de los interesados en la idea y de la población a la cual va dirigido el proyecto. Así mismo, se pueden sentar las bases técnicas, de conocimiento, legales o sociales para posteriores proyectos relacionados a éste o de otra índole (Méndez, 2020). Llevar a cabo un estudio cuidadoso de la idea tiene por finalidad aportar la información necesaria para la toma de decisiones sobre la conveniencia de invertir en un proyecto.

1.11.2. Etapas de un proyecto de desarrollo

De acuerdo con la naturaleza y dimensión del proyecto, es posible identificar diversos factores que afecten en su implementación, tales como: ubicación, tamaño,

recursos para financiación, complejidad técnica y de producción, que permitirán considerar actividades relacionadas con el hecho de alcanzar los objetivos propuestos, mediante el uso de ciertos recursos limitados. Dependiendo de la naturaleza del proyecto, se puede estar sujeto a ciertos pasos de evaluación o estudio. Méndez (2020) propone los siguientes:

- Estudios básicos. Se relacionan con el análisis de la situación actual y/o ubicación geográfica.
- Estudios de prefactibilidad y factibilidad. Características de oferta y demanda, características tecnológicas del proyecto, cuantificación de las inversiones y alternativas de financiamiento, proyección de los ingresos, definición del tipo de organización y evaluación financiera.
- Estudios de ingeniería a detalle. Contratación de subsidiarias o recursos tecnológicos adicionales y/o redireccionamiento.

Para ciertos proyectos de innovación o emprendimiento, en ocasiones resulta necesario adecuar los pasos anteriores debido a que existe poca o nula información acerca de la idea o naturaleza de éstos. No obstante, la mayoría parte de la concepción de una idea para, posteriormente, realizar una investigación del escenario en donde se realizará el proyecto. Ello se basa en fuentes de información formales e informales, como, por ejemplo: planes de desarrollo, estudios de mercados, proyectos no exitosos, análisis de cadenas productivas, experiencias personales o familiares, etc.

De acuerdo con la información anterior, en la figura 1.8 se muestra un ejemplo con las etapas de análisis aplicables en la creación de un proyecto de negocio. Las etapas iniciales incluyen un estudio de mercado y de factibilidad. Al considerar estos elementos, es posible generar los planes específicos de operación para la puesta en marcha de determinado proyecto.

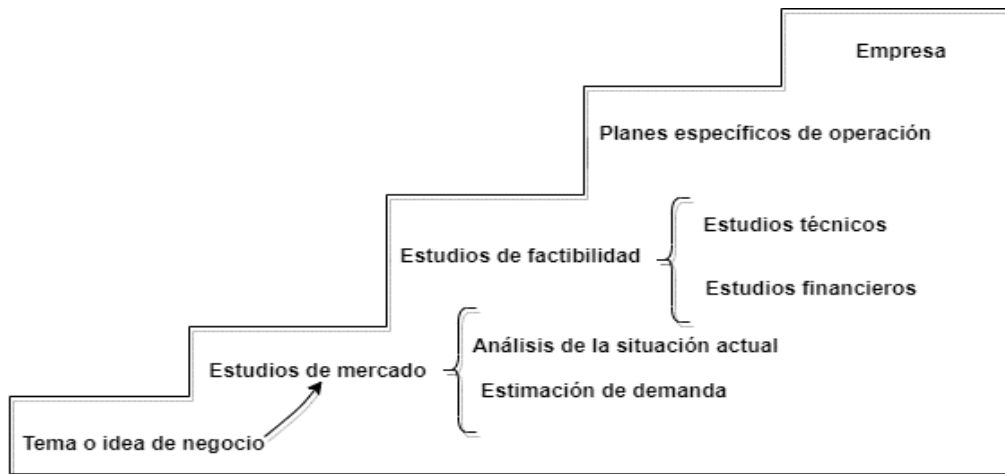


Figura 1.8. Etapas de análisis para la creación de una empresa. Adaptado de diplomado en Emprendimiento. Convenio Universidad EAFIT-Universidad Surcolombiana (2009).

1.11.3. Planes específicos de acción

Se define a un plan como el documento que contiene, en formatos predefinidos generalmente por la entidad financiadora o de apoyo, la propuesta de un proyecto para aprovechar una oportunidad de emprendimiento y facilitar su ejecución de manera eficiente (Méndez 2020).

En cuestión de planificación de un proyecto, y de acuerdo a lo anteriormente mencionado, existen algunos pasos importantes a llevar a cabo; es necesario desarrollar un plan para la dirección del proyecto, recopilar los requerimientos, definir, el alcance del proyecto, crear la estructura de desglose del trabajo, definir las actividades y darles una secuencia, hacer una estimación de los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades del proyecto y una estimación de la duración de cada actividad, estimar los costos del proyecto, determinar el presupuesto, planificar la calidad, los recursos humanos, las comunicaciones, la gestión de riesgos y las adquisiciones (Gómez et al., 2012).

Debido a que uno de los objetivos de la presente investigación es, definir una propuesta de un proyecto o programa específico de gestión de residuos metálicos, considerar la información anterior respecto a cómo se conforma un proyecto, sus etapas, así como el apoyo que brinde en la operación un plan específico de acción, forma parte de la transformación de las ideas en valor, y que incluso en temas de emprendimiento podría coadyuvar en la premisa de “fallar rápido y barato”.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo, se describe la metodología aplicada al análisis de factibilidad técnica y económica para la creación y operación de una mipyme de gestión de residuos metálicos generados en talleres mecánicos, así como para la propuesta de un plan de manejo de dichos residuos generados en estas entidades. Los pasos que se consideraron para el proyecto fueron:

- Estudio de mercado
- Estudio técnico
- Estudio económico financiero
- Elaboración de propuesta para plan de manejo de residuos para el sector

En la figura 2.1 se exponen las fases de la metodología aplicadas al presente trabajo; las cuales se explican a continuación.

2.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El análisis del contexto del proyecto a llevar a cabo es primordial, porque de ello depende la toma de decisiones con respecto a la conveniencia de invertir, o no, recursos de cualquier tipo. Para el desarrollo de este proyecto, esta etapa se desarrolló en dos partes:

- **Descripción del área de estudio**

Se llevó a cabo una consulta en los principales portales de gestión e información económica y geográfica, es decir, en el INEGI, y en la Secretaría Económica del Edomex, acerca del entorno geográfico y económico del área en donde se desarrollará la mipyme propuesta; Además, se llevó a cabo un reconocimiento de las principales vías de acceso y comunicación del área en donde se establecerá.

- **Análisis de la situación actual en el manejo de residuos metálicos**

Debido a que el principal insumo del proyecto son los residuos metálicos obtenidos de los diversos repuestos y/o piezas automotrices desechadas en los talleres mecánicos, resulta necesario conocer el manejo de éstos dentro de las unidades económicas. Para ello, se realizaron visitas a determinados talleres con la finalidad de observar y documentar la gestión de dichos residuos, desde su generación hasta disposición final. Cabe mencionar que

la documentación también se realizó con base en la experiencia propia del observador y con conocimiento de causa de la actividad en estudio.

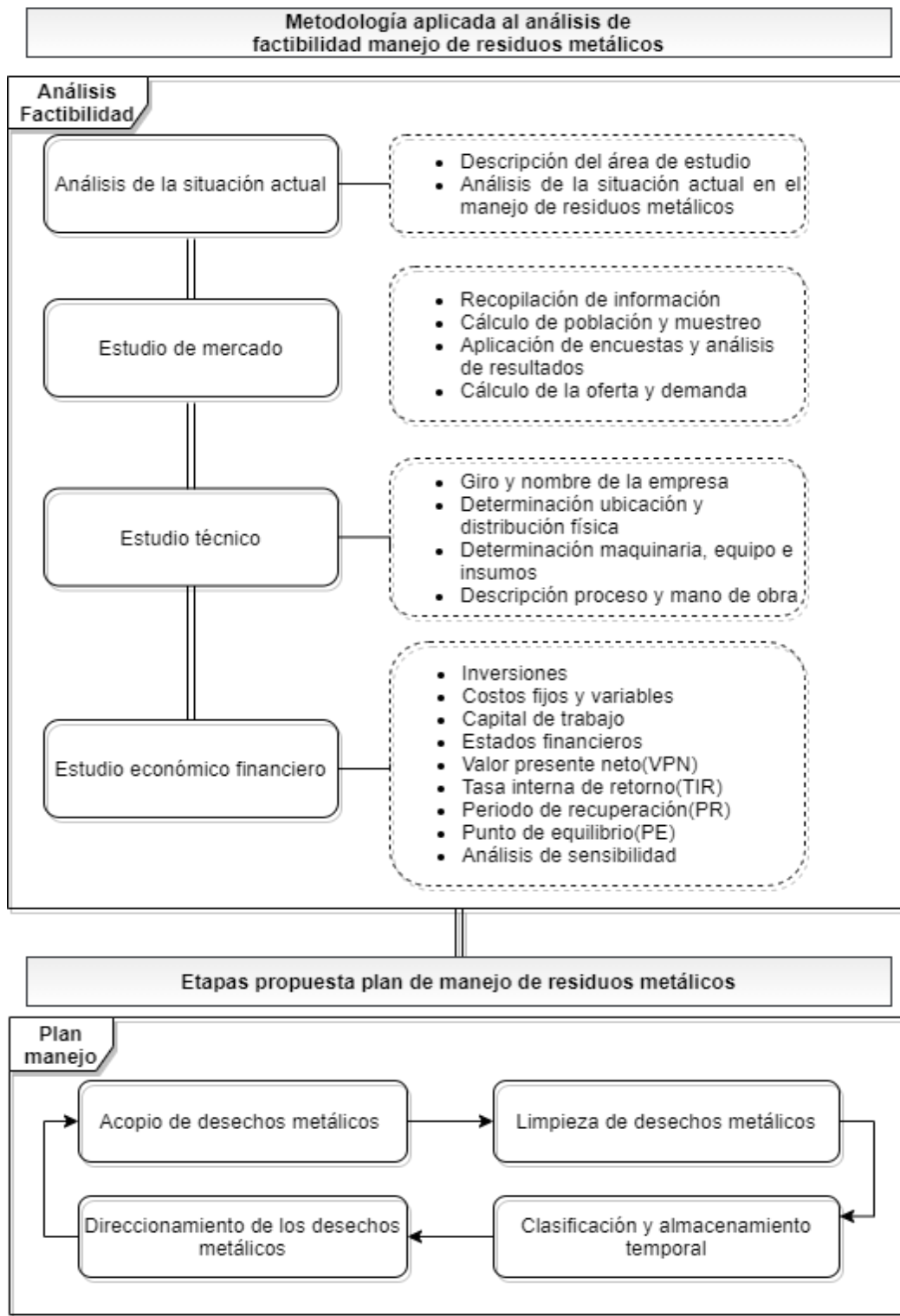


Figura 2.1. Esquema metodología propuesta para el desarrollo del caso de estudio. Elaboración propia.

2.2. ESTUDIO DE MERCADO

Otro aspecto fundamental en la evaluación de cualquier proyecto consiste en determinar el mercado de acción potencial en donde se colocará el producto o servicio; para ello, existen ciertas herramientas de apoyo: análisis FODA, 5 fuerzas de Porter o el benchmarking. La aplicación de éstas dependerá del rubro y características del negocio.

Para el caso de proyectos para los que no existe antecedente de creación o suficiente información bibliográfica, podrían adecuarse ciertos pasos de estudio que conlleven a estudiar el mercado.

Para el caso del presente proyecto se llevaron a cabo las siguientes etapas:

- **Recopilación de información**

Se realizó una revisión de fuentes bibliográficas como tesis de maestría, manuales gubernamentales referentes al tema de manejo de residuos sólidos urbanos (RSU) y planes de manejo de residuos de asociaciones de agencias y talleres automotrices, con la finalidad de validar datos históricos acerca de las cantidades de desechos metálicos generados; así mismo, de los portales del INEGI y de la Secretaría de Economía del Edomex se obtuvo información relacionada con la cantidad, ubicación y tamaño de talleres mecánicos en los municipios de Toluca y Metepec Estado de México.

- **Cálculo de población y muestreo**

Determinar el tamaño de la muestra que se seleccionará, es un paso importante en la investigación de mercado, ya que permite contar con una noción clara de los proveedores y/o consumidores de determinado bien o servicio. El universo o población considerado en el estudio consistió en los talleres mecánicos ubicados en los municipios de Toluca y Metepec.

Referente a la obtención de la muestra, se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que, por cuestiones de cercanía, accesibilidad y disponibilidad de ciertos talleres para las actividades de visitas y aplicación de encuestas, este tipo de muestreo resultó idóneo para el estudio. Así mismo, con la finalidad de robustecer y hacer significativa esta muestra de talleres, se decidió utilizar la fórmula probabilística para tamaño de la muestra en poblaciones conocidas. Esto, debido a que se contó con universo obtenido del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE 2019), de donde se obtuvieron antecedentes de

cantidad, ubicación, actividad económica y tamaño de diversos giros de negocios, y que permitió considerar a todos los talleres de los municipios de Toluca y Metepec Estado de México.

La fórmula utilizada para la obtención de la muestra en poblaciones conocidas es:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 N p q}{(N-1)e^2 + Z_{\alpha}^2 p q} \quad (1)$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra a obtener

Z_{α} : Grados de confianza

N: Universo

p: Probabilidad a favor

q: Probabilidad en contra

e: Error de estimación

Los grados o intervalo de confianza utilizado es de 95%; ya que es uno de los más habituales en la inferencia estadística. Este porcentaje se refiere a que la mayoría de los parámetros evaluados o construidos estarán dentro de este intervalo (Lind, Marchal y Wathen, 2019).

- **Aplicación de encuestas**

Una herramienta para conocer la situación en el manejo y disposición final de los desechos fue la aplicación de encuestas. Ésta se llevó a cabo de forma presencial a los trabajadores y/o dueños de los talleres. La encuesta se conformó de dos partes. La primera parte consistió en preguntas abiertas con la finalidad de obtener datos referentes a los promedios mensuales aproximados por tipo de refacción utilizadas y desechadas en cada taller. Las preguntas se formularon con base en la información de los repuestos y refacciones más utilizadas en los servicios de reparación y se clasificaron de acuerdo con el sistema funcional de los automotores. El desglose de dichas refacciones que se incluyó en cada cuestionario se muestra en la tabla 2.1.

Sistema vehicular	Refacción	Cantidad (piezas)
Encendido	Bujía convencional	
	Bujía platino	
	Bujía iridium	
Frenos	Discos y tambores	
	Balatas	
	Herrajes	
	Cilindros de rueda	
	Mazas	
Suspensión	Amortiguadores	
	Bieletas, rotulas, terminales	
	Muelles, ejes	
Enfriamiento	Bombas de agua	
	Radiadores	
Otros	Filtros gasolina/aceite	
	Catalizadores	
	Otras partes del motor y tren motriz	

Tabla 2.1. Tabla registro en cuestionario de cantidades de refacciones utilizadas en los talleres. Elaboración propia.

La segunda parte del cuestionario consistió en cuatro preguntas de opción múltiple que fueron formuladas con base en conocimientos previos del entrevistador respecto a la actividad técnica y operativa de algunos talleres mecánicos; así mismo, permitió conocer la opinión de los entrevistados con respecto al manejo y al destino de los desechos metálicos generados en los talleres. Las respuestas obtenidas se consideraron para el diseño de un plan de manejo y el cálculo de la capacidad instalada de la mipyme para el manejo de dichos desechos.

La figura 2.2 muestra las cuatro preguntas que se incluyeron en la segunda parte del cuestionario aplicado en cada taller mecánico.

2.- Generalmente ¿Qué hace usted con las refacciones que se sustituyen en las reparaciones de los vehículos?

A). - Se tiran a la basura B). - Las reciclo/reutilizo C). -Las canalizo a centros de compraventa de chatarra

3.- ¿Conoce algún centro exclusivo de recolección en Toluca o Metepec de desechos y refacciones usadas automotrices?

A). - SI B). – NO

4.- De las siguientes actividades de reciclaje de refacciones ¿Cuál considera usted que requeriría mayores recursos humanos y económicos?

A). - Almacenaje B). - Separación y clasificación C). - Transportación

5.- Si usted participara en reciclar/canalizar adecuadamente los desechos y refacciones usadas ¿Qué beneficio obtendría en su taller?

A). – Beneficio económico B). -Contribución en el cuidado del medio ambiente C). - Reconocimiento social y empresarial

Figura 2.2. Preguntas aplicadas en talleres mecánicos. Elaboración propia.

- **Cálculo de la oferta**

Para poder ofrecer determinado bien en el mercado, se requiere determinar la oferta; por lo que, para efectos del proyecto, el bien corresponde a las piezas metálicas desechadas en los diversos servicios de reparación en los talleres mecánicos. El cálculo de la oferta se obtuvo mediante la primera parte del cuestionario, en la cual, de acuerdo con las respuestas dadas por cada entrevistado, se pudo obtener un promedio nominal de piezas metálicas utilizadas por cada taller, para su posterior cálculo en kilogramos o toneladas, según sea el caso. Los datos obtenidos se registraron en el formato base de la tabla 2.2, en el cual se consolidaron los datos proporcionados por cada taller encuestado.

Pieza	Promedio cantidades mensuales generadas	kg/año	t/año
Bujías			
Partes frenos			
Partes suspensión			
Partes enfriamiento			
Otros			
Total			

Tabla 2.2. Tabla para cálculo de cantidades de desechos metálicos por sistema automotriz. Elaboración propia.

- **Cálculo de la demanda**

Para efectos del proyecto, el cálculo de la demanda se consideró mediante la cantidad de la materia prima (chatarra y/o desechos metálicos) que puede ser adquirida por pymes gestadoras de desechos, ya sea para fundición, si es que cuentan con capacidad instalada para dicha tarea, o su direccionamiento para otras empresas que sí cuenten con dicha capacidad.

Una vez calculada la oferta de materia prima (desechos metálicos), se procedió a identificar en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE, 2019) a aquellas empresas susceptibles de adquirir dicha materia, considerando aspectos de ubicación dentro de la zona metropolitana de Toluca, precio de compra y actividades operativas como limpieza de partes, transporte, fragmentación, compactación y fundición. Estos datos se consolidaron en un formato como el que se muestra en la tabla 2.3, que además sirvió de apoyo en la toma de decisión con respecto a la mejor empresa de compraventa de los desechos metálicos.

Nombre	Ubicación	Precio compra kg metal ferroso *	Limpieza	Transporte	Fragmentación	Compactación/ Prensado	Reciclaje/ Fundición

Tabla 2.3. Tabla de registro e identificación de empresas manejadoras/recolectoras de desechos metálicos. Elaboración propia.

2.3. ESTUDIO TÉCNICO

El estudio técnico del presente proyecto consistió en establecer nombre, giro, misión, visión, descripción física, distribución del lugar del proyecto, así como las estimaciones referentes a los recursos materiales, tecnológicos y humanos.

- **Determinación de giro y nombre de la empresa**

Las ideas, identidad y objetivos de cualquier empresa se ven reflejadas en el nombre; de ahí la importancia de contar con uno apropiado que sirva de enlace entre los clientes potenciales y los servicios ofrecidos. Dado lo anterior, el nombre de la mipyme se determinó considerando el sector económico del cual formará parte; es decir, del sector de servicios de reparación y mantenimiento automotriz y de las actividades estimadas para el proyecto de la compraventa de desechos.

- **Determinación, ubicación y distribución física**

Para el caso de la ubicación de la mipyme, ésta se determinó dentro de instalaciones ya establecidas que forman parte de otra entidad económica; sin embargo, fungirá de manera independiente en temas administrativos, operativos y legales, con la ventaja de que dichas instalaciones cuentan con recursos acreditados de infraestructura, obra civil y acceso a principales vías de comunicación en el valle de Toluca.

En cuanto a la distribución física, ésta se diseñó con base en el espacio y la infraestructura con las cuales ya cuentan las instalaciones. La ubicación de cada área operativa se diseñó tomando por base un esquema estándar de diagrama de hilos, el cual se trata de un esquema de distribución de instalaciones que identifica cada actividad y rutas de movimientos, con la finalidad de mejorar recorridos, distribución física y evitar acumulación de tránsitos y la cercanía de actividades o materiales susceptibles de riesgo.

- **Maquinaria, equipo e insumos**

La maquinaria consiste en todos los artefactos o herramientas que permiten facilitar la creación o el procesamiento de algún producto, con el fin de colocarlo en un mercado determinado y así, producir ingresos.

Para efectos del presente proyecto, la maquinaria, equipo e insumos son los elementos que permitirán recolectar, limpiar, transformar y almacenar los

desechos metálicos de los talleres mecánicos, para su posterior envío hacia las empresas recicladoras. Éstos fueron determinados con base en las observaciones reportadas en el apartado 2.1, también mediante la referencia a herramientas utilizadas en trabajos relacionados con el tema, como González (2011) y el plan de manejo de residuos peligrosos de la Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores (AMDA, s.f.); estos trabajos muestran procesos similares de manejo de residuos, además de las herramientas e insumos utilizados.

- **Proceso y mano de obra**

Un proceso productivo consiste en un conjunto de actividades encaminadas a la transformación de recursos o factores en bienes o servicios. En estas actividades intervienen la transformación y la tecnología que interactúan con las personas. En el presente proyecto, dicho proceso corresponde a la gestión y preparación de los desechos metálicos, con la finalidad de ser enviados hacia empresas gestoras de mayores capacidades técnicas.

Para ello, el proceso diseñado tomó en consideración las pautas del Gremio de Recuperación y Agencia de Residuos de Cataluña (2010, p.26) y se adaptó de acuerdo con los recursos disponibles de la mipyme, por lo que los pasos creados fueron los siguientes:

1. Recepción y almacenamiento de metales
2. Clasificación
3. Prensado o corte
4. Almacenamiento de metales prensados o separados

Referente a la mano de obra, el cálculo de ésta se realizó considerando a un único operario, así mismo, se calcularon factores propios de la valoración de ritmos de trabajo estándar para cada actividad del proceso, dichos datos se registraron en el formato de la tabla 2.4.

Actividad	Tiempo estimado promedio semanal(min)	Factor de ritmo/ Calificación	Tiempo normal(min)	Suplementos (min)	Tiempo tipo(min)

Tabla 2.4. Relación de factores para el estudio de tiempos en la valoración de ritmos de trabajo. Elaboración propia.

2.4. ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO

El propósito de este estudio consiste en elaborar información financiera que proporcione datos acerca de la cantidad de inversión, ingresos, gastos, utilidad de la operación del proyecto de inversión, capital de trabajo, depreciaciones, amortización, sueldos, etc., a fin de identificar con precisión el monto de inversión y los flujos de efectivo que producirá el proyecto (Morales y Morales, 2009).

El estudio financiero del proyecto se dividió en 2 partes; La primera hace referencia a las inversiones, costos, capital de trabajo y estados proforma, mientras que la segunda presenta algunos indicadores financieros importantes. La figura 2.3 muestra un esquema con el desglose de dichos estudios que apoyaron en la evaluación de factibilidad económica del proyecto.



Figura 2.3. Desglose del estudio financiero del proyecto. Elaboración propia.

- **Inversiones fijas y diferidas**

Con la finalidad de realizar el cálculo de estas inversiones se consideraron los bienes tangibles e intangibles disponibles para el proyecto, así como algunas inversiones que se determinaron en el estudio técnico (herramientas e insumos).

De inversión fija:

- ❖ Maquinaria
- ❖ Mobiliario y equipo
- ❖ Herramientas y limpieza

Con respecto a la inversión diferida, sólo se contempló una por concepto de asesoría y planeación de red eléctrica para el local.

- **Costos fijos y variables**

Para el caso del proyecto, los costos que se contemplaron fueron algunos que se erogan dentro de cualquier iniciativa de negocio, tales como agua, luz, teléfono, mantenimientos, etc.; y los cuales se especifican en la tabla 2.5.

Costos variables	Materia prima
	Mano de obra
	Servicios (agua, luz, teléfono, etc.)
	Gastos administrativos
Costos fijos	Mantenimiento de vehículos
	Mantenimiento de equipo

Tabla 2.5. Desglose de costos variables y fijos. Elaboración propia.

- **Capital de trabajo**

Se requiere de un capital de trabajo de 90 días ya que se contempla pagar las materias primas de contado y recaudar a los clientes en este periodo de tiempo; porque lo que dicho capital se compone del costo total de la mipyme entre materia prima, sueldo del trabajador, pago de servicios y otros materiales; dicho desglose del capital se muestra en la tabla 2.6.

Concepto	Costo anual	Costo 90 días
Materia prima	X	$(X/365) * 90$
Costos fijos	Y	$(Y/365) * 90$
Costos variables	Z	$(Z/365) * 90$

Tabla 2.6. Capital de trabajo del proyecto. Elaboración propia.

- **Estados financieros**

Para efectos del proyecto se llevaron a cabo los estados financieros más representativos en cualquier empresa, los cuales se indican a continuación:

- ❖ Estado de resultados. Este estado financiero se realizó de forma dinámica, al hacer una proyección a 10 años; de los ingresos se restaron los costos y gastos. Con ello, fue posible obtener las utilidades y/o pérdidas.
- ❖ El Balance general. Este estado financiero se realizó de forma estática, ya que la información presentada correspondió al inicio de operaciones del proyecto. Se plasmaron las inversiones sin considerar el financiamiento, dado que se contempló iniciar el proyecto únicamente con recursos propios.
- ❖ Flujo de efectivo. Esta proyección se realizó mediante la fórmula de la utilidad neta + amortizaciones y depreciaciones, proyectado a 10 años.

- **Indicadores financieros**

Es importante considerar el tiempo en que cualquier proyecto recupera la inversión y su rentabilidad; por ello, se consideraron en el presente proyecto varios indicadores que toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo, como el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR), el periodo de recuperación (PR) y el punto de equilibrio (PE).

- ❖ **Valor presente neto**

Este indicador permite obtener la diferencia que existe entre los flujos de efectivo esperados (ingresos) y el valor presente, o actual, del desembolso o inversión original (egresos). Ambos flujos son descontados al costo de capital, es decir, proporciona la tasa de rendimiento que una empresa debe percibir sobre sus inversiones proyectadas.

La fórmula mediante la cual se calculó este indicador fue la siguiente.

$$VPN = \sum F_i \cdot (1 + K)^{-n} - I_0 \quad (2)$$

Donde:

VPN o VAN = Valor presente neto o valor actual neto

F_i = Flujo i -ésimo esperado

K = Costo de capital o tasa de rendimiento mínima atractiva esperada (TREMA)

n = Plazo o período de vida útil

I₀ = Inversión inicial

La toma de decisión de llevar a cabo el proyecto considerando este indicador, se basó en alguno de los dos siguientes enunciados:

VPN ≥ 0; se acepta el proyecto de inversión

VPN < 0; se rechaza el proyecto de inversión

❖ Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno muestra el máximo rendimiento que podría generar el proyecto durante su vida útil; es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá la inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. Proporciona una medición relativa de la rentabilidad por lo que se expresa en porcentaje.

La fórmula mediante la cual se calculó este indicador se presenta a continuación.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0 \quad (3)$$

Donde:

VAN = Valor presente neto o valor actual neto = 0

F_i = Flujo i-ésimo esperado en los distintos periodos

n = Plazo o período de vida útil

I₀ = Inversión inicial

❖ Periodo de recuperación

El período de recuperación permite calcular el tiempo necesario para recuperar la inversión original mediante las utilidades obtenidas por el proyecto o flujos netos de efectivo. La fórmula mediante la cual se calculó fue la siguiente:

$$PRI = (N - 1) + \left(\frac{FNE_{AC}}{FNE_{+}} \right) \quad (4)$$

Donde:

PRI = Periodo de recuperación de la inversión

N = Número del año donde el flujo neto de efectivo acumulado se vuelve positivo

FNE_{AC} = Valor absoluto del último flujo descontado acumulado negativo

FNE_{+} = Valor del primer flujo descontado positivo subsecuente al año correspondiente al valor absoluto del último flujo descontado acumulado negativo

❖ Punto de equilibrio

El punto de equilibrio permite conocer el nivel de ventas donde los ingresos totales son iguales a los costos totales; es decir, no existe pérdida ni ganancia y el beneficio es cero. A partir de este, la empresa comenzará a obtener ganancias.

Se cálculo de forma gráfica y nominalmente mediante la siguiente fórmula:

$$PE = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{V}} \quad (5)$$

Donde:

PE= Punto de equilibrio

CT = Costo total

CF = Costos fijos

CV = Costos variables

❖ **Análisis de sensibilidad**

El análisis de sensibilidad se llevó a cabo con la finalidad de simular variables económicas que pudieran incidir en el desarrollo del proyecto. Se aplicó un análisis unidimensional (análisis de sensibilización que aplica a una sola variable) considerando dos escenarios.

Escenario de un aumento de egresos considerando:

- Precio y volumen de venta constantes
- Evaluación de VPN hasta obtener que la elección del proyecto no sea redituable (VPN y ROI negativo), así como un costo/beneficio bajo, y periodo de recuperación más allá del planeado para el proyecto (10 años)

Escenario de disminución de ingresos considerando:

- Precio de materia prima constante
- Precio de venta constante.

2.5. PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS METÁLICOS

En esta etapa del proyecto se propuso un plan de manejo de los residuos metálicos generados en los talleres automotrices, considerando los conceptos contenidos en ordenamientos legales y normativos, tales como NOM-161-SEMARNAT-2011 en lo referente a la participación y corresponsabilidad de los actores implicados en la separación y el manejo de residuos.

Uno de los objetivos del plan de manejo consiste en maximizar el aprovechamiento de los residuos metálicos generados en los talleres bajo el concepto de corresponsabilidad entre los principales actores: gobierno del orden estatal y municipal, gremio de reparación automotriz y los mismos talleres mecánicos.

Al igual que en otros sectores productivos con planes de manejo de residuos, en el caso de los talleres mecánicos resulta fundamental contar con un plan de manejo de residuos que se pueda ejercer en las propias instalaciones, ya que es ahí donde se generan, y que brinde la pauta para que el personal sepa cómo actuar en actividades de valorización, clasificación, separación y envío a centros autorizados

o empresas manejadoras. Se propusieron, así mismo, actividades transversales de apoyo con la participación de los siguientes actores:

- Gobiernos municipales
- Gremio de talleres mecánicos
- Talleres mecánicos para la promoción y difusión de buenas prácticas, capacitación y formación profesional en actividades de manejo y conocimiento de marco regulatorio

La figura 2.4 muestra gráficamente el plan y sus partes de colaboración que se pretende impulsar entre los principales involucrados en la generación y manejo de residuos metálicos, el objetivo y estrategias a llevar a cabo.

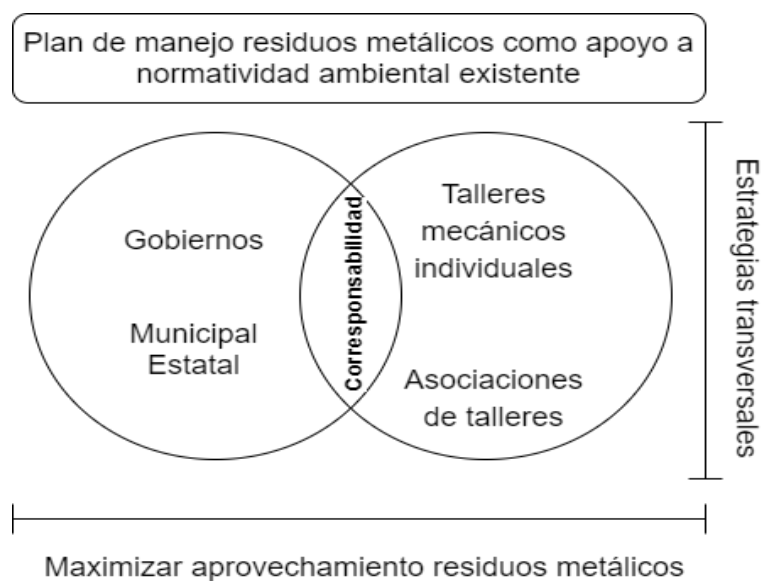


Figura 2.4. Esquema objetivo del plan de manejo para residuos metálicos. Elaboración propia.

CAPÍTULO 3. CASO DE ESTUDIO

El capítulo 3 presenta la aplicación del marco teórico y la metodología propuesta, al caso de estudio del presente proyecto.

3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1.1. Descripción del área de estudio

Las zonas geográficas de estudio para el análisis de factibilidad de la mipyme gestadora de residuos metálicos, son los municipios de Metepec y Toluca, Estado de México.

El municipio de Metepec está ubicado en el Valle de Toluca, a una distancia de seis kilómetros de la capital mexiquense. La figura 3-1 muestra su colindancia con otros municipios, al oriente se limita con San Mateo Atenco y Santiago Tianguistenco; al poniente y al norte con el municipio de Toluca; al sur con los municipios de Chapultepec, Mexicaltzingo y Calimaya. Metepec cuenta con una superficie de 6,969.59 hectáreas, y ahí se desarrollan actividades económicas relacionadas con el sector de servicios en un 89.93%; en segundo lugar, se encuentra el sector industrial con el 10.05% y en tercer lugar el sector agrícola, con 0.008%. En conjunto, aportan \$35,179.68 millones del producto interno bruto municipal; el municipio tiene una población de 227,872 habitantes (INEGI, 2020).



Figura 3.1. Mapa superficie y límites municipales Metepec Méx. (INEGI, 2020).

Por otra parte, en la figura 3-2 se muestran los municipios colindantes de Toluca, al norte colinda con Temoaya y Otzolotepec; al noroeste con Almoloya de Juárez; al sur con Villa Guerrero, Coatepec Harinas, Calimaya y Tenango del Valle; al sureste con Metepec; al este con Lerma y San Mateo Atenco y al oeste con Zinacantepec. Se encuentra a 72 kilómetros de distancia de la capital del país y su superficie municipal es de 452.37 kilómetros cuadrados; esto corresponde al 1.87 % del territorio estatal. Cuenta con una población de 875,536 habitantes (INEGI, 2020).



Figura 3.2. Mapa superficie y límites municipales Toluca Méx. (INEGI, 2020).

El municipio ocupa uno de los primeros lugares del país en la industria automotriz, siendo esta actividad un sector importante para la economía. Las siguientes armadoras están establecidas en el Valle de Toluca: General Motors (fabricación de motores y Centro de Diseño), Chrysler (Ensamble de Fiat 500, Dodge Journey, Fiat Freemont y el modelo Abarth 500, además del Centro de Distribución de Partes MOPAR), Daimler-Freightliner (ensamble de camiones), BMW (planta de blindaje de autos y centro de entrenamiento), Nissan (centro de diseño y almacén de refacciones), autos Mastretta (ensamble de autos), Italika (ensamble de motocicletas), Peugeot (almacén de refacciones) y Volvo (centro de distribución de partes).

Del mismo modo que la mayoría de las zonas conurbadas cercanas a la Ciudad de México, estos dos municipios han experimentado un constante crecimiento y desarrollo del parque automotor; por ello, resulta inminente el incremento de talleres automotrices para satisfacer las necesidades de mantenimiento de este mercado.

3.1.2. Análisis de la situación actual en el manejo de residuos

En la investigación de campo llevada a cabo en las visitas a los talleres, se logró identificar, de manera general, el proceso realizado en la atención de un servicio de reparación y el manejo que se le da a las partes sustituidas en los servicios. Algunos de los talleres visitados que brindaron facilidades para llevar a cabo la observación fueron los siguientes:

- Servicio MYM (Toluca)
- Diagnóstico VG (Meteppec)
- Carral mantenimiento automotriz SA de CV (Meteppec)
- Servicio Morales (Toluca)
- Ecoauto Toluca SA de CV (Toluca)
- Servicio Vázquez (Toluca)
- Llantera Avante Las Torres (Meteppec)
- Multidiagnóstico Vehicular (Meteppec)
- Collision Express Toluca SA de CV (Toluca)
- Hermes Mantenimiento Automotriz SA de CV (Toluca)

Los principales puntos observados en el proceso de servicio a un automóvil y en el manejo de desechos metálicos se resumen en la figura 3.3, que muestra las actividades desde que el vehículo es ingresado, hasta su diagnóstico y reparación; así como el destino de las refacciones sustituidas.

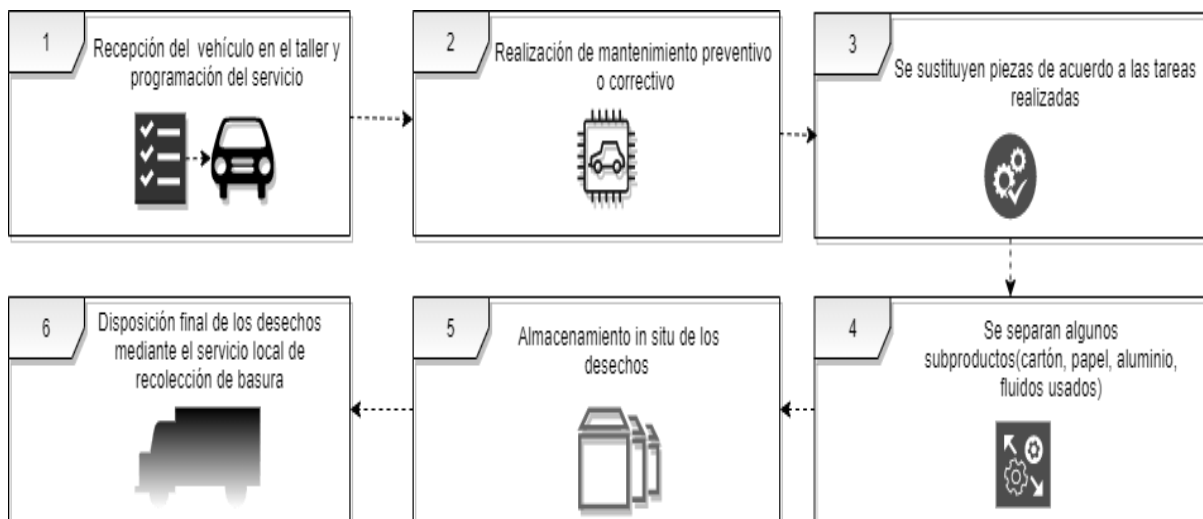


Figura 3.3. Esquema general de manejo de desechos observado en visitas a talleres mecánicos. Elaboración propia.

Uno de los aspectos observados es que los desechos metálicos almacenados in situ comúnmente son apilados sin algún control o forma de clasificación (figura 3.4), por lo que en ocasiones resulta difícil identificar cuáles son susceptibles de reciclaje y cuáles se desechan mediante los servicios de recolección de limpia o, incluso, obsequiados a personas dedicadas a la compraventa de chatarra.



Figura 3.4. Almacenamiento en sitio de desechos generados en talleres mecánicos. (Superservicioleon 2020).

Cuando ha pasado determinado tiempo y se ha acumulado cierta cantidad de desechos, la mayor parte del metal se tira mediante los servicios de recolección de basura, los cuales, a su vez, los separan y venden a negocios locales de compraventa de chatarra y desperdicios industriales. El destino final de cada desecho metálico es incierto, ya que los talleres visitados no proporcionaron información acerca de las empresas a las cuales se vende este material, así como, del tratamiento que se les otorga para su recuperación.

3.2. ESTUDIO DE MERCADO

3.2.1. Recopilación de información

La recopilación se llevó a cabo mediante la síntesis de la información recabada en el punto anterior, junto con la bibliografía consultada en trabajos y manuales referentes al tema; esto permitió establecer un marco de referencia en la situación en el manejo de los desechos metálicos, además, se logró identificar algunas situaciones principales referentes a la falta de corresponsabilidad de los involucrados y el potencial de reaprovechamiento de desechos metálicos. La información anterior sirvió de base para su inclusión en el apartado referente a la propuesta del plan de manejo de residuos del presente proyecto.

3.2.2. Cálculo de población y muestreo

Mediante los datos obtenidos en la página del INEGI (2019), se obtuvo el marco muestral o universo de 1320 talleres mecánicos con diversos números de empleados para la ciudad de Toluca y Metepec, Estado de México; los datos de dicho universo se muestran en la tabla 3.1.

	0 a 5 personas	6 a 10 personas	11 a 30 personas	31 a 50 personas	51 a 100 personas	101 a 250 personas	Total
Metepec	208	13	3	1	1	1	227
Toluca	1053	36	4	0	0	0	1093
Total general	1261	49	7	1	1	1	1320

Tabla 3.1. Universo de talleres mecánicos Toluca y Metepec Méx. Adaptado de: Censo General de Habitantes, tabulados básicos (INEGI, 2019).

El muestreo por conveniencia no probabilístico utilizado, permitió seleccionar algunos talleres que, de acuerdo con ciertas características como la ubicación dentro de la zona de investigación, contactos con personal, dueños o socios para acceso a instalaciones e información, permitió llevar a cabo la aplicación de encuestas. Sin embargo, con la finalidad de contar con mayor margen del número de talleres en el estudio, se decidió utilizar la fórmula para cálculo de muestra en poblaciones conocidas; de este modo, se obtuvo un dato estadísticamente sustentado respecto al número de talleres a considerar en el estudio

Por lo tanto, al sustituir los datos correspondientes en la fórmula 1, se obtuvo el número total de talleres a considerar en el estudio. Fijando el error máximo de estimación del 10% y utilizando una varianza máxima (valores de p y q igual a 0.5).

n: Tamaño de la muestra a obtener

Z_{α} : Grado de confianza del 95% = 1.96

N: Universo = 1320

p: Probabilidad a favor = 0.5

q: Probabilidad en contra = 0.5

e: Error de estimación = 0.1

$$n = \frac{1.96^2 * (1320)(0.5)(0.5)}{(1320-1)0.1^2 + 1.96^2(0.5)(0.5)} = 89.54 \approx 90 \text{ talleres}$$

El resultado demostró que la muestra representativa a considerar es de 90 talleres de los 1320. Para efectos de la investigación se consideraron 49 del municipio de Metepec y 41 de Toluca; esto, debido a los factores de conveniencia mencionados anteriormente, tales como: la cercanía entre talleres y ubicación dentro de la zona de investigación, contactos con personal, dueños o socios para acceso a instalaciones e información y colaboración mediante otros terceros conocidos del ramo.

3.2.3. Aplicación de encuestas y análisis de resultados

La aplicación de la encuesta se llevó a cabo de manera presencial en cada uno de los 90 talleres de las zonas de Toluca y Metepec; los principales entrevistados fueron socios, dueños y trabajadores de los talleres, obteniendo la siguiente distribución de respuestas: socios/dueños: 27, trabajadores: 63.

De acuerdo con la información descrita en el inciso 3.2.3. de la presente investigación, la encuesta se conformó de dos partes.

La primera parte permitió conocer la cantidad y tipo de refacción utilizada y desechada en cada taller. Por otro lado, la segunda parte, hizo referencia a la cantidad y el destino de los desechos clasificados por línea automotriz, las actividades que a juicio del entrevistado requieren de mayores recursos humanos y económicos en el manejo de los desechos, además del beneficio que se podría obtener al reciclar y dispensar adecuadamente.

Los tipos de autopartes por cada línea se propusieron con base en estimaciones de portales automotrices especializados, como carmatch.com (Carmatch, 2018), también con respecto a la opinión de los encuestados, la experiencia personal del entrevistado en la comercialización de autopartes, y de las observaciones en visitas a talleres automotrices. De ahí se pudieron obtener las partes sustituidas más comunes en mantenimientos preventivos y correctivos.

Después de realizar este primer acercamiento con el fin de conocer en qué condiciones de operación se encontraban dichos talleres en el manejo de los desechos metálicos, se comenzaron a establecer criterios para la identificación más concreta en la problemática de la gestión de los desechos.

Referente a la pregunta 1 de las refacciones y/o repuestos metálicos más utilizados, y con base en las respuestas obtenidas se obtuvo el promedio mensual de las cantidades utilizadas en los 90 talleres; dichos datos se muestran en la tabla 3.2.

Refacción	Promedio piezas mensuales	Frecuencia acumulada	Porcentaje
bujía convencional	71	41%	41%
bujía iridium	17	51%	10%
bujía platino	17	60%	10%
filtros gasolina/aceite	26	75%	15%
discos y tambores	6	79%	3%
otras partes tren motriz	5	82%	3%
balatas (Juegos)	8	86%	5%
bieletas/rotulas/terminales	4	89%	2%
amortiguadores	4	91%	2%
mazas	3	93%	2%
cilindros rueda	4	95%	2%
herrajes	4	97%	2%
bombas de agua	2	98%	1%
muelles, ejes	1	99%	1%
catalizadores	1	99%	1%
radiadores	1	100%	1%

Tabla 3.2. Resultados de cantidades refacciones y/o repuestos metálicos más utilizados en talleres según datos de encuesta. Elaboración propia.

Dados los resultados anteriores, se estableció un análisis ABC que permitió conocer las piezas con mayor índice de utilización. La gráfica de dicho análisis se muestra en la figura 3.5 donde se pueden apreciar los cuatro principales rubros de refacciones obtenidas los cuales son: bujías, filtros gasolina y aceite, frenos (balatas discos/tambores) y otras partes del tren motriz; y sobre los cuales se basará el estudio.

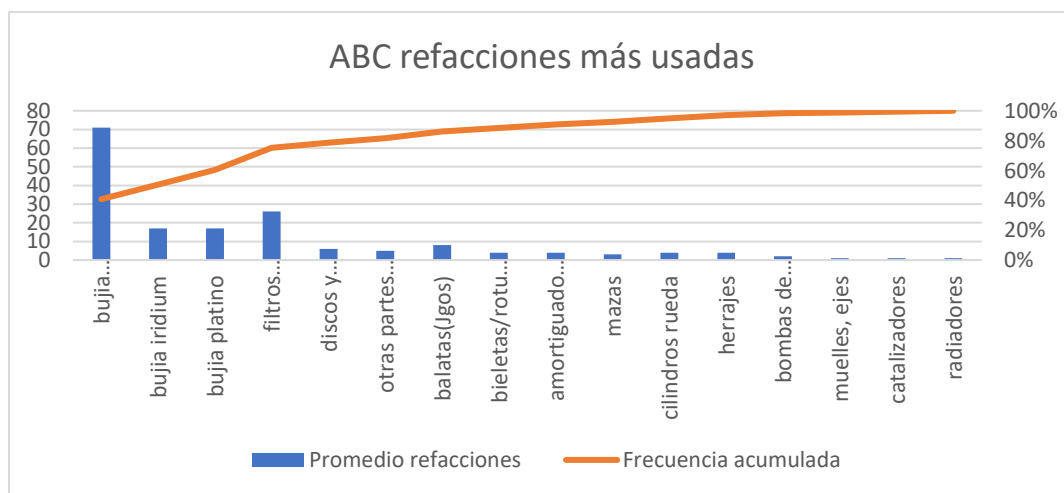


Figura 3.5. Gráfico ABC de todas las refacciones utilizadas en servicios de reparación. Elaboración propia.

La segunda parte del cuestionario, con las cuatro preguntas de opción múltiple, arrojaron los resultados que se discuten a continuación.

Pregunta 2. Más de la mitad de los talleres encuestados no realizan tareas de separación y canalización adecuadas, ya que el destino final de las refacciones desechadas es la basura. En la figura 3.6 se muestran los porcentajes de respuesta a esta pregunta.

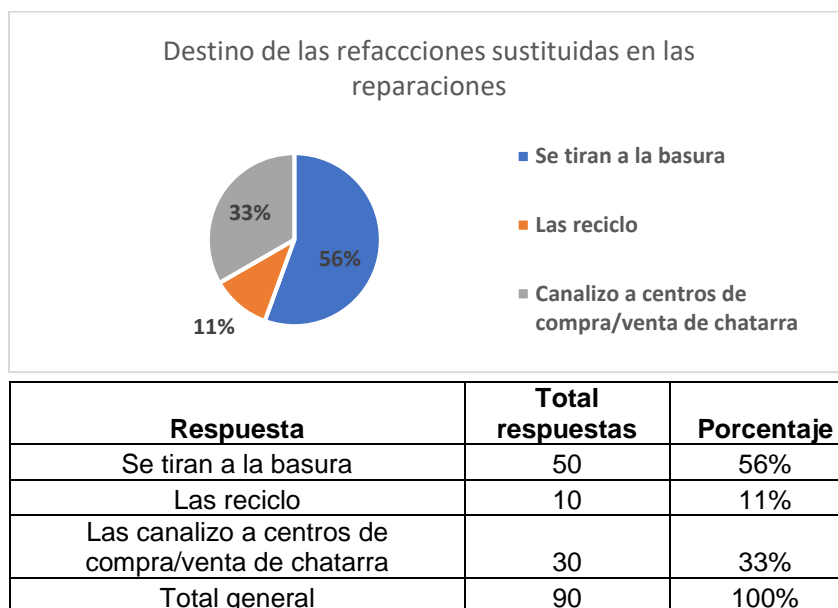


Figura 3.6. Resultado respuestas de la pregunta 2 destino de las refacciones sustituidas. Elaboración propia.

Así mismo, se observó que la mayoría de los talleres manejan contenedores para almacenaje de cualquier tipo de basura, y es en estos mismos donde se desechan la mayoría de las refacciones usadas, un ejemplo de lo anterior se muestra en la figura 3.7.



Figura 3.7. Ejemplo de contenedores de desechos y materiales metálicos utilizados en talleres.

Pregunta 3. Los resultados que se exponen en la figura 3.8, mostraron que el 91% del personal en los talleres no conoce ningún centro de acopio exclusivo para desechos automotrices; debido a que en la zona en estudio y, en general, en el Estado de México, no se cuenta con ningún centro de este tipo. Se excluyen los centros de recolección de chatarra y desperdicios industriales que adquieren cualquier tipo de residuos sólidos urbanos (RSU).

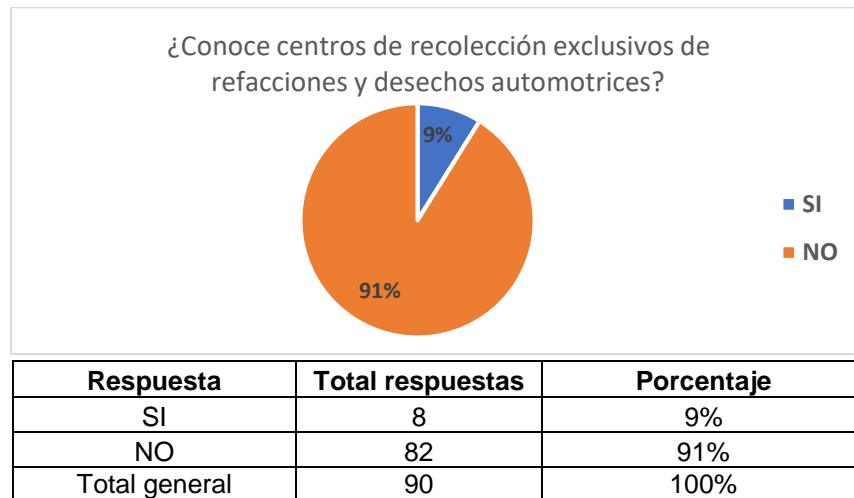


Figura 3.8. Resultado respuestas de la pregunta 3, conocimiento de existencia y ubicación de centros de recolección. Elaboración propia.

Pregunta 4. Los porcentajes de respuesta mostrados en la figura 3.9 muestra que un 33 % de los entrevistados refiere que las actividades que requieren mayor atención y recursos son las de separación y clasificación, seguido del almacenaje y transportación respectivamente.

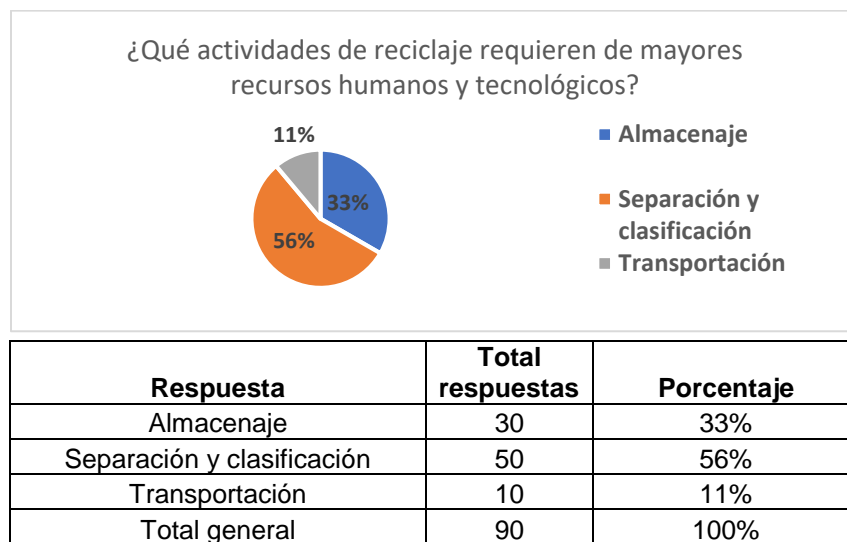


Figura 3.9. Resultado respuestas de la pregunta 4 principales actividades de reciclaje. Elaboración propia.

Pregunta 5. Los porcentajes de respuesta expuestos en la figura 3.10, respecto al principal beneficio que se obtendría, al llevar a cabo actividades de reciclaje, a juicio de los entrevistados muestra que es el económico, seguido del cuidado del medio ambiente y, por último, el del reconocimiento social.

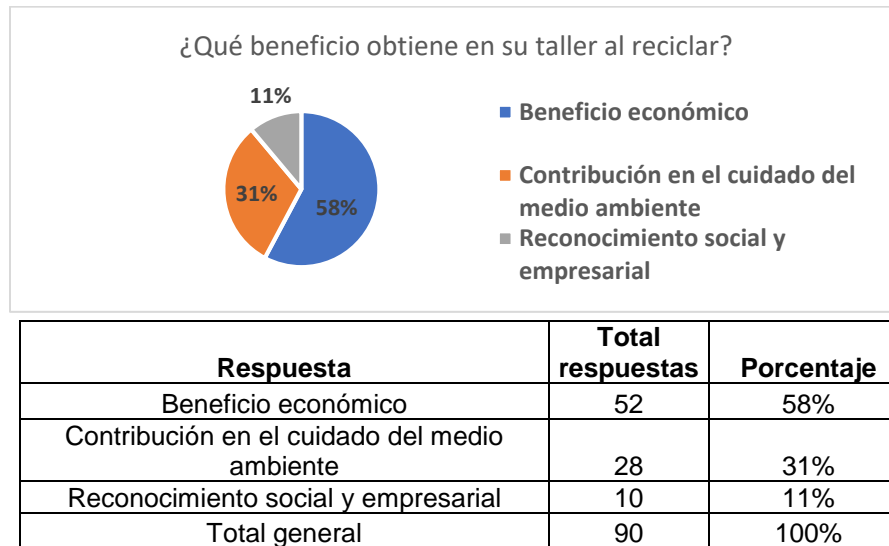


Figura 3.10. Resultados respuestas de la pregunta 5 principales beneficios del reciclaje en talleres.
Elaboración propia.

De acuerdo con el resultado de esta última pregunta, a decir de los encuestados, se podría obtener beneficio económico mediante el reciclaje de refacciones metálicas, ya que se ha visto que, en el reciclaje de otros materiales como PET, plomo, baterías de automóviles o aluminio se obtiene alguna remuneración al recolectarlos y canalizarlos a los centros de compraventa que adquieren estos materiales.

En el anexo B se muestra el promedio de las refacciones usadas según los resultados de la encuesta; bujías, filtros, discos, tambores y otras partes de tren motriz representan el 80% de las refacciones más utilizadas, por ello, para la propuesta del proyecto de manejo de residuos metálicos, se hará énfasis en estas refacciones. En dicho anexo, se asignó un ID a cada uno de los de los 90 talleres con sus respectivos grupos de refacciones.

A manera de resumen, con base en los datos obtenidos en las encuestas, se puede concluir que algunos factores que han contribuido a una inadecuada disposición por parte de los talleres mecánicos son los siguientes:

- No se han establecido requerimientos ni condiciones técnicas para la instalación y funcionamiento de los establecimientos que realizan la función

de desmantelamiento y recolección de residuos de automotores, ni existe un registro de instalaciones que permita controlar su operación.

- Los fabricantes, importadores y proveedores autopartistas no han establecido iniciativas para colaborar en el retiro y manejo ambientalmente adecuado de los residuos peligrosos presentes en los residuos automotores.
- No existe un sistema estructurado de pymes o mipymes para la comercialización de las autopartes usadas y retiradas para su reuso, remanufactura o reciclaje (a excepción de las baterías de plomo y/o catalizadores).

3.2.4. Cálculo de la oferta y demanda

De acuerdo con los datos obtenidos en cada uno de los 90 talleres entrevistados, acerca de las refacciones metálicas, se procedió a realizar un cálculo de la oferta mediante el número de las piezas desechadas y el peso de cada una de ellas, considerando la composición de éstas.

Las principales piezas obtenidas en el análisis ABC, mismas que forman parte de la oferta de desechos metálicos, se describen a continuación apoyados en información técnica y características físicas de los principales fabricantes de estas:

- *Bujías.* Están constituidas por una parte metálica (electrodo y carcasa) y una parte cerámica. El electrodo es parte del acero y se puede reutilizar nuevamente para la constitución de éste. El acero representa el 94% del peso total de la bujía (92% el acero y 2% la aleación). La parte cerámica representa el 6% restante del peso de la bujía y está constituida por la masa cerámica (alúmina + caulium + carbonato de calcio), el peso promedio de una bujía es de 40.8 g (0.04008 kg).
- *Filtros de aceite.* Se componen principalmente de dos elementos: la carcasa metálica de aluminio (87% del peso del filtro) y la parte filtrante comúnmente formada de fibra de papel (10% del peso del filtro). En la Tabla 14 se detalla el promedio mensual de los consumos de filtros de aceite (en unidades) y la estimación en pesos de kilogramos. El peso aproximado de un filtro de aceite es de 281 g (0.281 kg), ya que es el peso de la mayoría de los filtros de aceite especificados para vehículos tipo sedán y SUV.
- *Filtros de gasolina.* Del mismo modo que los filtros de aceite, los filtros de combustible están formados por dos elementos principales; uno es la carcasa (hecha de metal, plástico o aluminio) y otro el filtro de papel (celulosa, fibras sintéticas y resinas). Cuando el filtro tiene carcasa de metal, ésta representa

un 85% del peso del filtro, no obstante, cuando el material es de aluminio, representa el 92% del peso; por ello, el papel filtrante representa un 15% y un 8% del peso del filtro, respectivamente. De acuerdo con los modelos de filtros aplicables para cada vehículo y con el mercado aftermarket, se estima que la oferta está compuesta, en promedio, por un 56% de filtros con carcasa de metal y un 44% de filtros con carcasa de aluminio; el peso promedio de un filtro de gasolina convencional es de 132 g (0.132 kg).

- *Discos, tambores, partes de frenos y otras partes de tren motriz.* Existe gran variedad de componentes de los sistemas de frenos y de los del tren motriz de un automóvil, ya que, de acuerdo con el modelo de éste, los fabricantes diseñan y producen los componentes según el tamaño y estructura. Según datos de la multinacional italiana fabricante de partes para frenos, Brembo (2020), los discos abarcan desde los de 280 mm de diámetro y unos 3.5 kg de peso para los vehículos comerciales más ligeros, hasta los discos de 432 mm de diámetro, que pesan más de 22 kg para los vehículos industriales más pesados. Con respecto a otras partes del tren motriz, en este estudio se consideran las refacciones que comúnmente son más reemplazadas, por ejemplo: baleros, herrajes, mazas para rueda, cilindros, partes de suspensión y otras partes móviles. Estas son especialmente para los vehículos ligeros más comerciales; mediante las observaciones llevadas a cabo en las visitas a los talleres mecánicos, por pieza, arrojan en promedio unos 345 g (0.345 kg/pieza).

De acuerdo con la información anterior, y con los resultados de la parte 1 del cuestionario aplicado que permitió calcular las cantidades de desechos metálicos de cada taller para los cuatro rubros de piezas más utilizados, se obtuvieron los promedios de las cantidades mensuales generadas y su peso aproximado en kg, los cuales serían la oferta mensual generada de desechos metálicos. En la tabla 3.3 se pueden apreciar los datos obtenidos.

Pieza	Promedio mensual piezas utilizadas	Peso aprox. en kg
Bujía convencional e iridium	7998	306.32
Filtros gasolina/aceite	3232	787.98
Frenos (Balatas, discos y tambores)	520	1820.00
Otras partes tren motriz	437	150.77
Total	12182	3065.07

Tabla 3.3. Promedio mensual de oferta desechos metálicos por rubro (cantidades/pesos en kg). Elaboración propia.

Asimismo, para esta parte del proyecto y en el estudio financiero, se considera una proyección de la oferta a 10 años que es el periodo comúnmente considerado para proyectos de nueva creación, y basada esencialmente también en las piezas que se sustituyen por periodicidad; es decir, al asegurar que al menos una vez por año las piezas en estudio son sustituidas, se debería observar un incremento en la demanda de piezas similar al incremento del parque automotor. A este respecto, un dato de apoyo fue el cálculo del incremento de los vehículos registrados en los municipios de Toluca y Metepec, con base en las estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación (INEGI, 2020). Estos datos se pueden apreciar en la tabla 3.4, y gráficamente en la figura 3.11 respecto al comportamiento de crecimiento del parque vehicular en los municipios de Toluca y Metepec Estado de México, en el periodo 2013-2019.

Año	Cantidad vehículos Toluca	% incremento anual Toluca	Cantidad vehículos Metepec	% incremento anual Metepec
2013	340,747	8.0%	105,950	9.1%
2014	361,682	6.1%	113,670	7.3%
2015	390,417	7.9%	124,464	9.5%
2016	416,930	6.8%	134,535	8.1%
2017	448,071	7.5%	145,565	8.2%
2018	455,809	1.7%	146,948	1.0%
2019	510,910	12.1%	159,792	8.7%

Tabla 3.4. Cantidad de vehículos registrados por municipio. Fuente: Vehículos por municipio (INEGI, 2020). Elaboración propia.

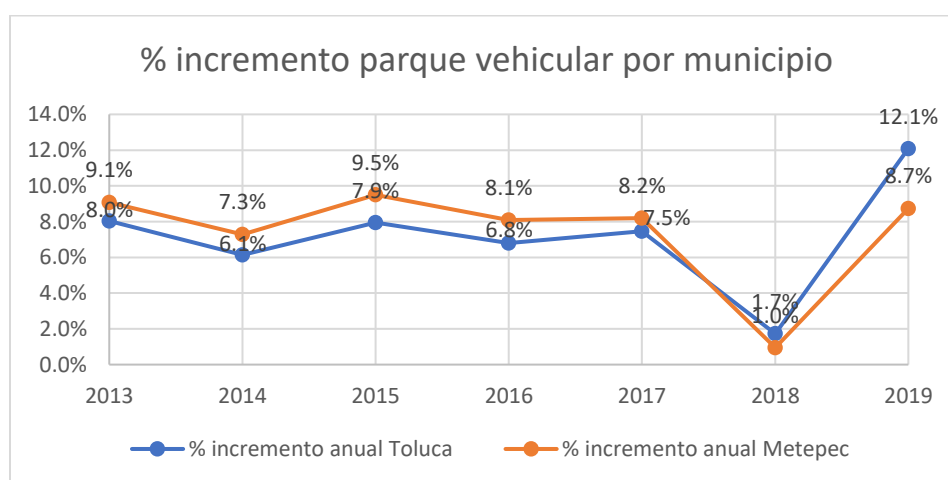


Figura 3.11. Gráfico incremento anual del parque vehicular en los municipios de Toluca y Metepec. (INEGI, 2020). Elaboración propia.

Según las cantidades y porcentajes representadas en la tabla 3.4 y en la gráfica de la figura 3.11 respectivamente, el promedio de incremento en el parque vehicular anual de ambos municipios es del 7.3% aproximadamente, por lo que, se podría tomar este porcentaje como una referencia de incremento en el uso de refacciones en los próximos 10 años.

Existe una notable correlación entre las variables de cantidad de vehículos registrados y consumo de piezas sustituidas, debido a que entre mayor sea el número de vehículos en cierta zona, aumentan los servicios de reparación y, por ende, las refacciones utilizadas. De esta manera, se puede asegurar un mercado de autopartes creciente, el cual alimentará el proceso de reciclado de las autopartes desechadas una vez sustituidas por las nuevas.

Respecto a la demanda, se estima la existencia de un consumo constante y en crecimiento de chatarra ferrosa en las empresas fundidoras; estimaciones de la sociedad mexicana de fundidores (SMFAC) (2020), demuestran que en el país hay más de mil compañías fundidoras que compran chatarra y la preparan para diversos procesos mediante composiciones químicas que le dan las propiedades requeridas por los clientes finales.

De acuerdo con la investigación llevada a cabo en la zona metropolitana de Toluca y Metepec, existen compañías enfocadas en la compraventa de chatarra, la cual incluye desechos metálicos de talleres mecánicos. Dichas compañías cuentan con algunas actividades operativas de manejo de materiales, asimismo, poseen relaciones comerciales con compañías fundidoras ubicadas en el centro, norte y occidente de México, como Blachawk, Foremex o Novocast, hacia las cuales se direccionan los desechos metálicos.

En la tabla 3.5 se muestran algunas empresas ubicadas en la zona metropolitana de Toluca, hacia las cuales se podrían direccionar los desechos metálicos con el supuesto de que la demanda sea cubierta por la oferta en el mercado de esta materia prima en el ciclo de fundición/producción-manufactura-reciclaje.

Opción	Ubica.	Precio compra kg metal ferroso*	Limpieza	Transporte	Fragmentación	Compactación/ Prensado	Reciclaje/ Fundición
Recicladora manual	Toluca	\$1.00	✓	✓	✓	x	x
Recolecciones ecológicas Toluca	Toluca	\$1.50	x	✓	✓	✓	x
Ergon Recursos, S.A. de C.V	Lerma	\$1.50	x	✓	x	x	x
Ingeniería Ambiental Integral, S.A. de C.V.	Metepec	\$1.50	x	✓	x	✓	x
Recuperadora Recemex	Metepec	\$1.50	x	x	x	✓	x

Tabla 3.5. Relación de empresas gestoras de chatarra en la zona conurbada de Toluca y Metepec, Méx. Elaboración propia.

3.3. ESTUDIO TÉCNICO

La importancia de este estudio consiste en justificar y contar con datos exactos, o aproximados, de los diferentes elementos materiales y humanos a utilizar en el proceso productivo, que mejor se adapten a los criterios de optimización.

Para el caso específico de este proyecto, los objetivos del estudio técnico son los siguientes:

- Especificar giro y nombre de la empresa, características físicas del lugar y de la zona de influencia en donde se ubicará
- Definir el tamaño y capacidad de la empresa
- Mostrar el diseño y distribución física de las instalaciones
- Especificar el presupuesto de inversión en cuanto a recursos materiales: maquinaria, herramientas, insumos y de recursos humanos
- Descripción del proceso

3.3.1. Giro, nombre y logotipo de la empresa

La empresa objeto de la evaluación corresponde a una mipyme del giro comercial, su actividad principal consta de la compraventa de desechos metálicos provenientes de talleres mecánicos, y realiza actividades relacionadas a la gestión de éstos, tales como la recolección, limpieza, desguace y acopio.

No se trata de una mipyme del ramo de la compraventa de desechos sólidos urbanos, ya que, a diferencia de empresas de este ramo, la empresa objeto del estudio se enfocará exclusivamente en el manejo, clasificación, limpieza y direccionamiento de desechos metálicos provenientes de talleres mecánicos. De acuerdo con la información presentada a lo largo del presente proyecto, esta clase de desechos representa una oportunidad innovadora de negocio al ser valorados por diversos ramos industriales, por ejemplo: metalmecánica, siderúrgica o del ramo automotriz.

En la figura 3.12 se muestran algunos ejemplos de desechos metálicos tales como: discos de frenos, bujías, balatas, filtros metálicos, etc.; los cuales se generan en diversos talleres mecánicos y que serán gestionados por la mipyme del presente proyecto.



Figura 3.12. Ejemplos de desechos metálicos provenientes de refacciones automotrices.

El nombre de la empresa es la carta de presentación ante el público y, por lo tanto, se trata de la primera impresión; esta trascenderá en el tiempo, en el crecimiento y en el desarrollo de esta, desde sus primeros pasos hasta su posicionamiento en el mercado. Por ello resulta imprescindible contar con un nombre que permita identificarse entre los consumidores para competir apropiadamente en el mercado. El nombre propuesto para la empresa es “ECODAMPER”; se trata de la conjunción de las palabras ecología y damper (polea), la cual evoca, en una parte, al sentido de contribución al cuidado del medio ambiente y, por otra, a la versatilidad y constancia de movimiento de esta parte mecánica presente en sinnúmero de componentes automotrices.

Respecto al logotipo, se trata de un símbolo formado por imágenes o letras que identifican una empresa, marca o institución, así como las cosas que tienen relación con ellas. A este respecto, el logotipo propuesto para la empresa se muestra en la figura 3.13, este se compone del nombre con un símbolo en forma de letra “X” en su parte superior, la cual se conforma, a su vez, por círculos de diversos tamaños que evocan a la variedad de piezas automotrices que en conjunto forman parte de un automóvil.



Figura 3.13. Logotipo de la mipyme ECODAMPER. Elaboración propia.

3.3.2. Organigrama

En la figura 3.14 se presenta el organigrama propuesto para la mipyme, considerando el personal mínimo que lleve a cabo las actividades; esto, debido a la limitante de recursos destinados para personal. Se considera que la persona dueña del proceso lleve también a cabo las actividades de ventas y proyectos; conforme el proyecto crezca en períodos posteriores de operación, producción y recursos financieros, se llevaría a cabo su reorganización.

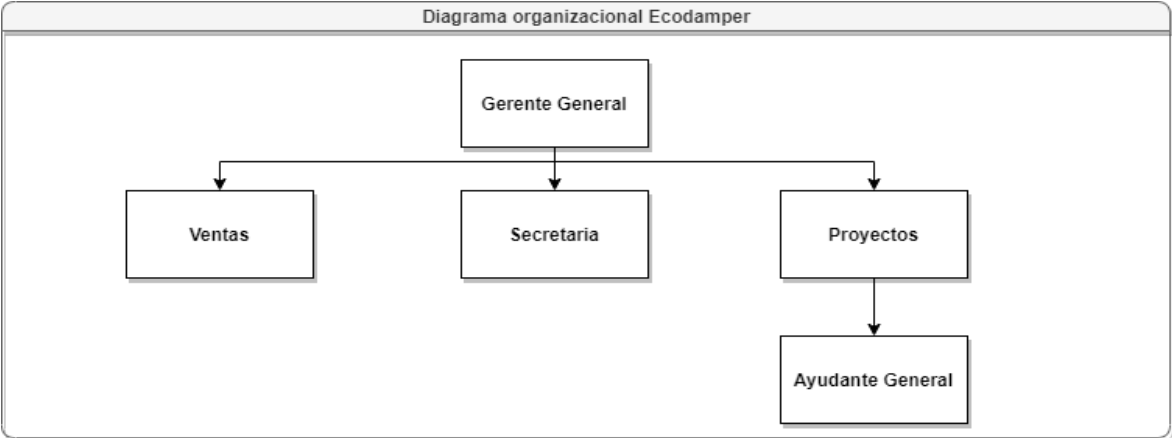


Figura 3.14. Organigrama de Ecodamper. Elaboración propia.

3.3.3. Ubicación y distribución física

Combinando la ubicación del mercado objetivo, de los proveedores de materia prima y de los activos que se cuentan para el proyecto, éste se llevará a cabo dentro de las instalaciones del taller mecánico llamado Super Servicio León; ubicado en la Ciudad de Toluca Estado de México. La superficie contemplada es de 160 m², cuenta con infraestructura en seguridad y con los servicios públicos necesarios: agua potable, electricidad, teléfono, Internet, señalamientos, zonas seguras, etc. Así mismo, posee los permisos y licencias de funcionamiento de compraventa de autopartes y mantenimiento automotriz; por ello, no se contempla la construcción de una planta fija adicional, parte de las condiciones físicas anteriormente mencionadas y de ubicación, se muestran en las figuras 3.15 y 3.16 respectivamente.

La ubicación forma parte de la llamada zona industrial de Toluca, por lo que se tiene acceso a las principales vías de comunicación con la Ciudad de México y su zona conurbada, así como con los parques industriales de los municipios de Lerma y San Mateo Atenco que, en conjunto, contienen cerca del 22% de los parques industriales de todo el Estado de México.

Debido a lo anteriormente mencionado, y a que la mipyme se establecería en una ubicación existente, y a que ya cuenta con infraestructura física establecida, no se llevó cabo una evaluación de localización óptima por métodos como puntos ponderados o clasificación de factores, utilizados para comparar diversas alternativas con la finalidad de determinar una o varias localizaciones válidas para entidades o empresas de nueva creación.

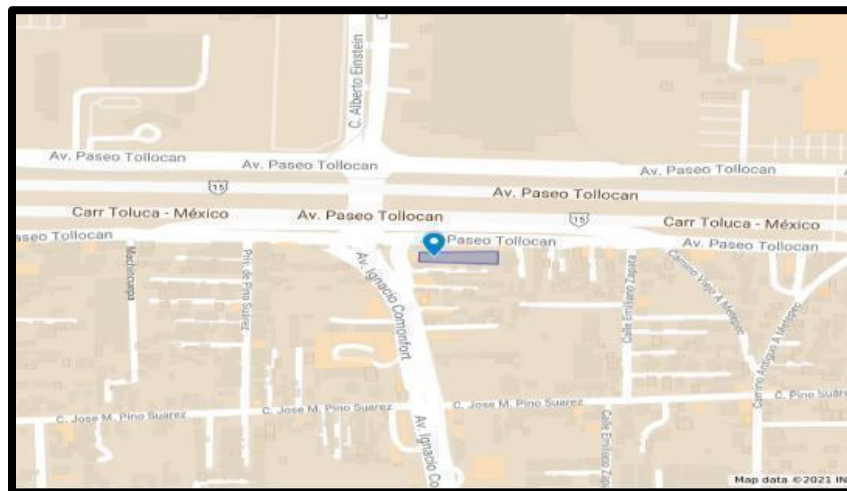


Figura 3.15. Mapa de ubicación de Ecodamper. Adaptado de Google Maps (2020).



Figura 3.16. Detalle de instalaciones Ecodamper (2020).

3.3.4. Instalaciones

De acuerdo con las dimensiones físicas anteriormente mencionadas, las instalaciones incluyen área de recepción, área de trabajo, área de almacenamiento de materia prima y producto terminado, oficinas y almacén.

- Área de recepción. Aquí se llevará a cabo la recepción de la materia prima, así como de las actividades de carga y descarga.
- Área de trabajo. Espacio destinado para las actividades de pesaje, limpieza, desbaste y clasificación de los desechos metálicos.
- Área de almacenamiento. Espacio para los contenedores que contendrán los desechos metálicos tratados y destinados a las empresas gestoras/fundidoras.
- Oficina y almacén. Espacios destinados para actividades administrativas y de resguardo de materiales, herramientas y demás insumos.

La figura 3.17 ilustra la distribución espacial propuesta con las áreas mencionadas en los incisos anteriores.

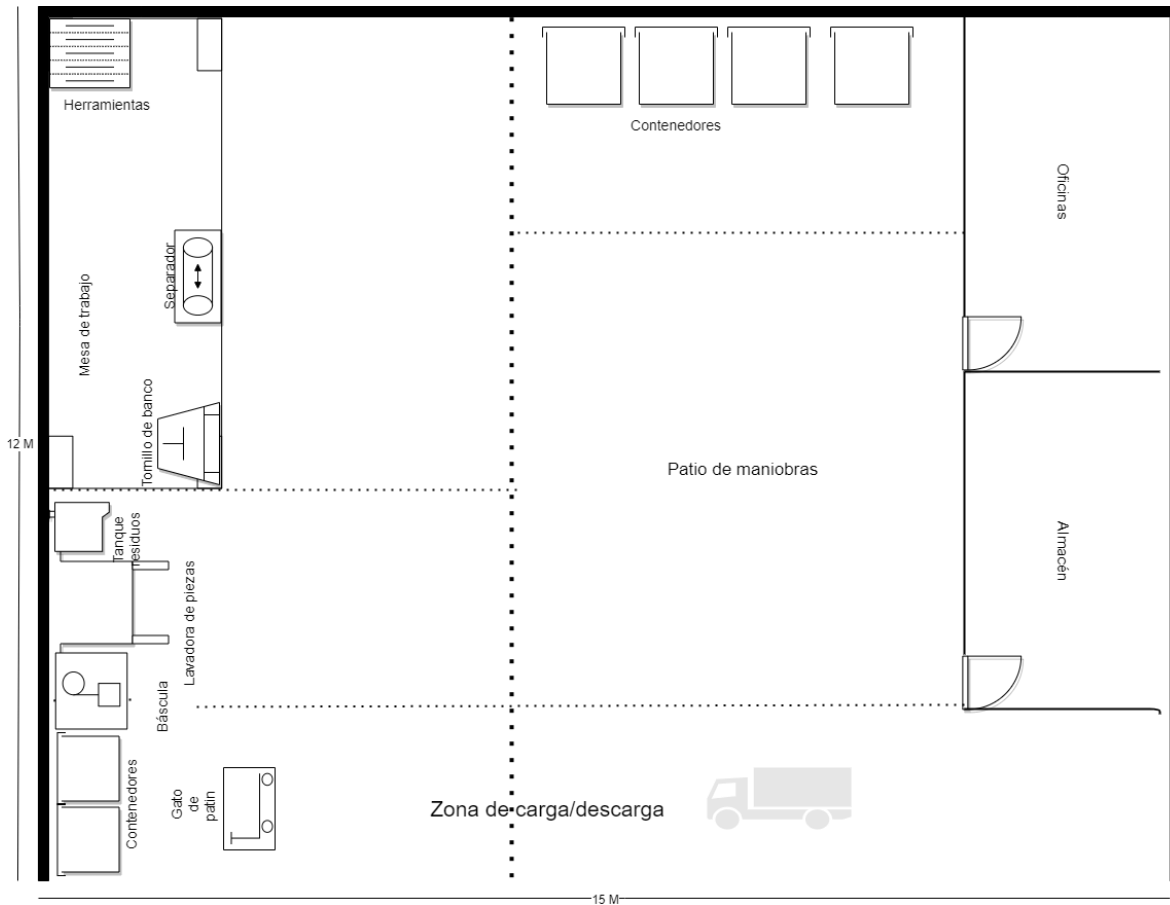


Figura 3.17. Layout de instalaciones Ecodamper. Elaboración propia.

La distribución espacial de la figura 3.17, se diseñó con base en el método de distribución sistemática de planta o SLP (Systematic Layout Planning), el cual consiste en obtener un diagrama de actividades construido con códigos, en donde la cercanía es representada por letras o líneas y cada una de éstas indica la necesidad de que dos áreas estén ubicadas cerca o lejos una de la otra.

Asimismo, resulta de utilidad para minimizar recorridos de materiales y personas, además de brindar beneficios en el bienestar y en la seguridad en las áreas de trabajo.

En la figura 3.18 se muestra la distribución realizada con SLP (Systematic Layout Planning), que, de acuerdo con el orden de proximidad, son representadas en su unión mediante tres líneas rectas, lo cual indica que la ubicación y cercanía entre ellas es absolutamente necesaria. En el caso de otras áreas como la oficina y el área de lavado su cercanía no es apropiada por cuestiones de seguridad e higiene, por ello, la unión se representa entre estas áreas mediante una línea curvada.

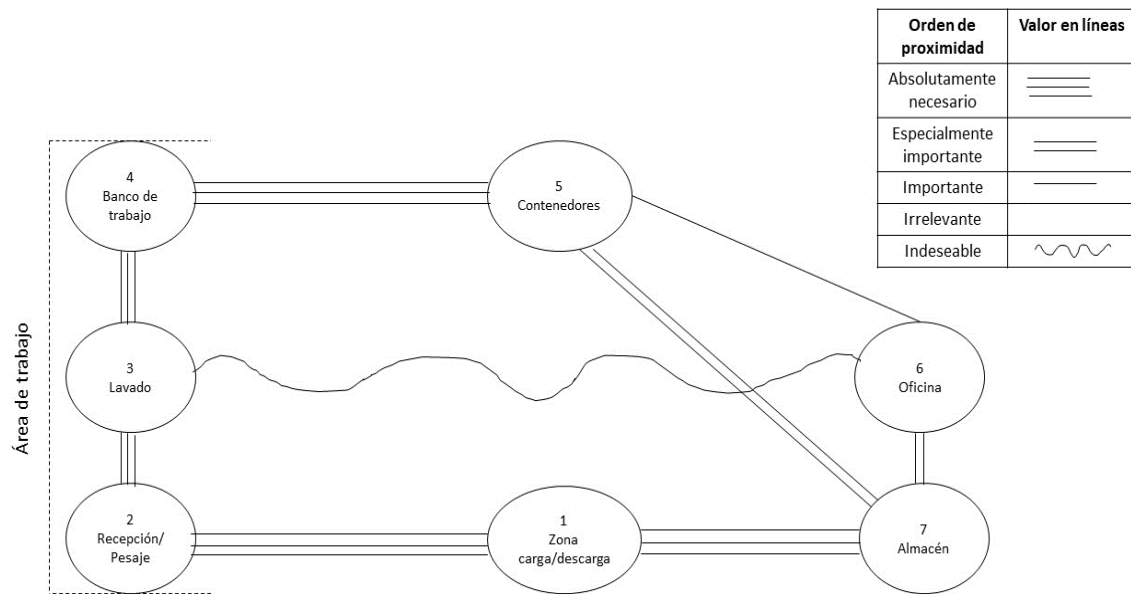


Figura 3.18. Diagrama de hilos para ubicación de instalaciones Ecodamper. Elaboración propia.

3.3.5. Capacidad instalada y mano de obra

De acuerdo con los datos obtenidos en el apartado 3.2.4, se estima procesar inicialmente, de forma mensual, 3.06 toneladas de desechos metálicos, con incrementos del 7.3% para cada uno de los periodos del proyecto; sin embargo, al igual que en cualquier proceso productivo, se cuenta con mermas o desperdicios sin valor de reventa. Para el proceso propio del proyecto se estima tener un 10% de mermas debido al peso y al manejo del material en cada periodo; por ello, la capacidad de proceso se vería incrementada en el volumen de desechos a procesar. Con la finalidad de compensar el extra de materia prima requerido, se estima contar con un stock adicional al inicio del proyecto.

En la tabla 3.6 se muestran los resultados del cálculo de la capacidad instalada para una proyección a 5 años.

	2021	2022	2023	2024	2025
Anual	36.78	39.69	42.82	46.20	49.85
Mensual	3.06	3.31	3.57	3.85	4.15
Semanal	0.77	0.83	0.89	0.96	1.04
10% mermas	0.85	0.92	0.99	1.07	1.15

Tabla 3.6. Cálculos capacidad instalada por periodo considerando 10% mermas. Datos en toneladas. Elaboración propia.

Luego de haber estimado la cantidad inicial de desechos a procesar por semana (850 kg); se llevó a cabo un estudio de tiempos simulando realizar físicamente cada actividad del proceso, en el cual se tomaron en cuenta factores de ritmo o calificaciones de acuerdo con el nivel de desempeño por parte del trabajador, así como suplementos o tolerancias de tiempo presentes en cualquier proceso productivo. Los suplementos considerados fueron los siguientes: por fatiga 5%, necesidades personales 5%, y por contingencias 5%.

En la tabla 3.7 se muestran los cálculos obtenidos del estudio de tiempos por cada actividad del proceso.

Actividad	Tiempo estimado promedio semanal(min)	Factor de ritmo/ Calificación	Tiempo normal (min)	Suplementos (min)	Tiempo tipo (min)
Descargue de contenedores	240	80%	192	28.8	220.8
Pesaje de piezas metálicas	240	90%	216	32.4	248.4
Lavado de piezas metálicas	300	90%	270	40.5	310.5
Separación de piezas/desbaste de materiales	720	90%	648	97.2	745.2
Clasificación	300	90%	270	40.5	310.5
Trasiego de material	300	90%	270	40.5	310.5
Almacenaje	300	90%	270	40.5	310.5
Total(min/semana)	2400		2136	320.4	2456.4

Tabla 3.7. Cálculos de tiempos de trabajo. Elaboración propia.

De acuerdo con la información obtenida en la tabla 3.7 un trabajador con una jornada laboral diaria de ocho horas y cinco días a la semana abarcaría las actividades del proceso, debido a que de manera semanal se estaría manejando menos de una tonelada de desechos metálicos. Se estima que, a partir del tercer año del proyecto, las cantidades de desechos a manejar sean mayor o igual a una tonelada semanal aproximadamente, por lo que la planta laboral incrementaría en dos o más trabajadores.

3.3.6. Insumos y herramientas

Los insumos necesarios para el proyecto son aquellos que permitirán tratar los desechos metálicos con la finalidad de que éstos sean aptos para su venta; en la tabla 3.8 se muestran los insumos necesarios del proceso.

Proceso	Insumo	Cant. aprox.	Salida
Lavado de piezas metálicas	Activo lavador	100 L	Piezas sin residuos de aceite/grasa
Desbaste de materiales	Cinzel, Carda copa de alambre	1 pza.	Piezas metálicas sin residuos físicos de otros materiales
Separación de carcasa	Disco cortador	1 pza.	Parte metálica de filtros sin residuos aceite/combustible
Almacenaje	Plástico, etiquetas, papel	20 kg	Piezas metálicas clasificadas y almacenadas

Tabla 3.8. Descripción de los insumos requeridos para el proceso. Elaboración propia.

Las herramientas y maquinaria para utilizar se muestran en la tabla 3.9, estas se determinaron considerando las actividades realizadas en algunos talleres mecánicos de la zona, en donde se utilizan herramientas y maquinaria para la limpieza y la clasificación de determinadas piezas metálicas. En el caso del desbaste y separación de piezas, las herramientas fueron consideradas con base en actividades manuales de desbaste por deslizamiento de materiales, las cuales se llevan a cabo en ciertas empresas de reciclaje y del ramo metalmeccánico.

Actividad	Equipo necesario	Características	Tamaño físico	Cantidad
Pesaje de piezas metálicas	Bacula de plataforma	2 a 5 toneladas	1 x 1 m	1
Lavado de piezas metálicas	Lavadora portátil	bomba eléctrica 110 V, capacidad depósito 3.5 galones	45 x 35 cm	1
Separación de piezas	Tornillo de banco	peso 9.3 kg, Ancho mordaza: 6" (15 cm), Apertura máxima: 5-7/8"(15 cm)	37 x 20 x 16 cm	1

Actividad (continuación)	Equipo necesario (continuación)	Características (continuación)	Tamaño físico (continuación)	Cantidad (continuación)
Separación/colocación de piezas	Banco o mesa de trabajo	mesa rígida lamina 1/2"	2 x 1 m	1
Desbaste de materiales	Cinzel	Cuña: 3/4" (19mm), Diámetro de cabeza: 18.5 mm	3/4" X 8"	1
Separación de carcasa	Cortador carcasa	Cortador de Filtros con diámetros de 3 ½ a 5 Pulgadas	Ancho: 3 ½", Longitud Cerrado: 16 ½", Longitud Abierto: 20 ¾"	1
Trasiego material	Gato hidráulico	Hasta 2.5 ton, estructura acero 3/16"	Altura máx. 19.6 x 7.5 cm min	1
Almacenaje de piezas metálicas	Contenedores	Paredes de resina rígida	Capacidad 55 gal o 45 lb	7

Tabla 3.9. Detalle de herramientas e insumos estimados para el proceso productivo. Elaboración propia.

3.3.7. Descripción del proceso

Cada una de las actividades del proceso se describen a continuación.

3.3.7.1. Recepción y descarga de los desechos metálicos

Los desechos se transportan desde los talleres mecánicos hasta el centro de acopio en los contenedores adecuados, con el fin de evitar su deterioro en cualquier sentido. El traspaleo de los desechos se realizará desde la unidad transportadora hasta los contenedores de recepción mediante el gato hidráulico de patín; posteriormente, se llevará a cabo el pesaje para efectos de control de inventarios y cotejar la información de los formatos requisitados por los talleres que envían sus desechos metálicos. Todos los datos se registran en las bitácoras de entrada correspondientes.

3.3.7.2. Pesaje de piezas

El pesaje de piezas se realizará en cada ocasión en la que se reciban los desechos enviados por los talleres; para ello se utiliza la báscula de pesaje, se registran los datos en las bitácoras de entrada correspondientes y se lleva a cabo el cotejo contra los datos requisitados por los talleres. En caso de existir diferencias entre los datos

requisitados inicialmente y el pesaje definitivo, se hace el registro para, posteriormente, informar al taller y realizar el pago correspondiente, considerando las cantidades reales obtenidas en el pesaje.

3.3.7.3. Lavado de piezas

Al realizar una revisión física y detectar los desechos metálicos que contengan residuos de grasas, aceites o combustibles; éstos deberán ser separados del resto de los desechos y puestos en un contenedor para proceder a ser lavados en la máquina portátil con las soluciones químicas apropiadas para este fin. Una vez limpios, serán dirigidos a los contenedores de almacenaje correspondientes. Los residuos líquidos del proceso de lavado pueden ser almacenados en un contenedor o tambo, el cual posteriormente será canalizado al centro de acopio de residuos mediante un proveedor de servicios autorizado y contratado para este fin.

3.3.7.4. Separación y desbaste de piezas metálicas

La selección se hace de forma manual por parte del operario, éste separa los desechos de acuerdo con la clasificación propuesta y dirigida a los contenedores correspondientes: bujías, filtros, discos/tambores, partes de freno y otras partes del tren motriz. Para el caso específico de las siguientes piezas, se deberán llevar a cabo los siguientes procedimientos de separación:

- Bujías. El operario debe tomarlas del recipiente en donde se encuentran, colocarlo sobre la mesa de trabajo y tomar la herramienta de golpe manual para separar el material cerámico del metálico. Se le aplican unos golpes a la bujía sobre la parte cerámica, con esto se quiebra el material y se separa de la parte metálica; el operario debe depositar el material metálico en un recipiente y el material cerámico en otro.
- Filtros de combustibles. El operario debe tomar el filtro de combustible del recipiente en el cual se encuentra y colocarlo sobre la mesa de trabajo; luego debe tomar la herramienta de corte de la cual se muestra un ejemplo en la figura 3.19 cuyo funcionamiento es abrir el filtro y separar la carcasa del elemento filtrante. El material filtrante se deposita en el recipiente de los desechos y la carcasa metálica se separa; en caso de estar contaminada con combustible, se procederá a su limpieza de acuerdo con el procedimiento de lavado de piezas.



Figura 3.19. Herramienta para separación manual de filtros de aceite y combustible. Adaptado de González (2011).

- Filtros de aceite. El proceso es similar al de los filtros de combustible, ya que utiliza las mismas herramientas y el proceso de limpieza.
- Balatas. El operario toma la zapata o balata, la sujeta en el tornillo de banco y con la herramienta de golpe separa la parte del material de fricción de la parte metálica, ya que comúnmente la parte del material está adherida al metal o base de la zapata. La base metálica de la zapata se depositará en el contenedor correspondiente.

3.3.7.5. Clasificación

En caso de contar con alguna pieza metálica que no entre en la clasificación de bujías, filtros, discos/tambores, partes de freno y otras partes del tren motriz, se considerará para el contenedor de otras partes de tren motriz, siempre y cuando sea susceptible de reciclaje.

Refacciones como carcazas, resortes, piezas de suspensión, bombas de agua, baleros y piezas de rodamiento, en este caso, no es necesaria su separación, ya que la mayoría de estas refacciones consta de una sola pieza, la cual en su totalidad se forma de metal; por ello, deberán ser direccionadas a los contenedores identificados como otras partes del tren motriz. En el caso de las bujías, filtros y partes del freno, una vez separadas las partes metálicas, también deberán ser dirigidas hacia sus contenedores identificados, en los cuales permanecerán para su envío a las empresas recicladoras/fundidoras de metal.

3.3.7.6. Trasiego

Esta actividad se refiere al movimiento de los contenedores desde la mesa de trabajo hasta el espacio destinado para el almacenaje. Por ello se utilizará un gato hidráulico de patín; por su capacidad, maniobrabilidad y seguridad de manejo resulta idóneo para el trasiego de los contenedores con los desechos previamente tratados.

3.3.7.7. Almacenaje

El almacenaje consiste en la actividad previa al envío de los desechos a la(s) empresa(s) recicladoras/fundidoras. La materia prima estará en los contenedores correctamente identificados, en un espacio libre de obstáculos, apartada del área de trabajo y demás contenedores de recepción inicial de los desechos metálicos, así como de aquellos con los desechos químicos líquidos resultantes del proceso de la limpieza y lavado.

Se estima que el tiempo de almacenaje sea semanal o quincenal, ya que, por cuestiones del proceso, no sería posible resguardar los desechos más de este tiempo, pues se estaría incurriendo en una sobrecarga del espacio físico, del trabajo para el operario y en riesgos en la seguridad e higiene del lugar.

Los pasos anteriormente mencionados, se conjugaron en la figura 3.20 de modo que se obtuvo el diagrama de flujo del proceso estándar.

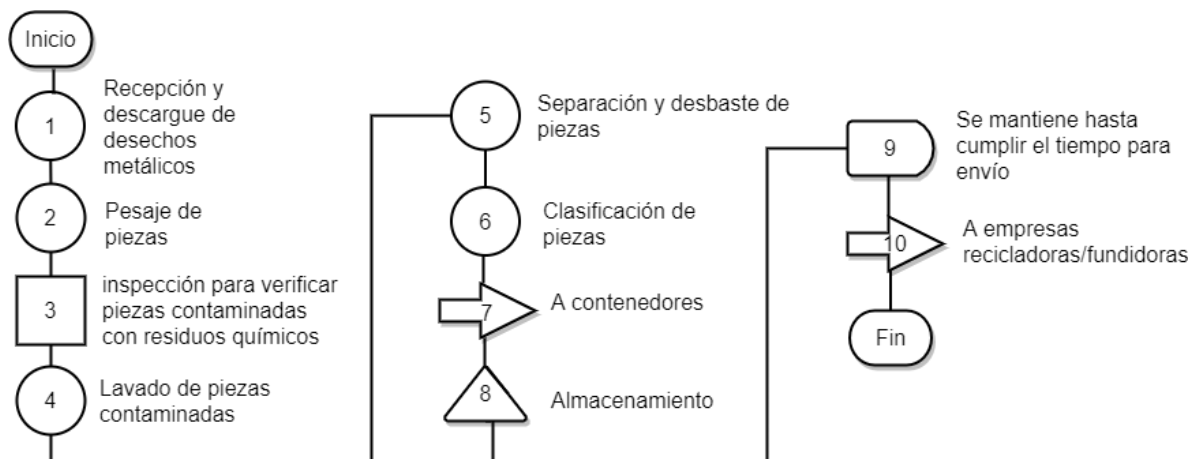


Figura 3.20. Diagrama de flujo del proceso. Elaboración propia.

3.4. ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

Se llevó a cabo el estudio económico ex ante referentes a inversiones, presupuesto de ingresos, egresos y presentación de la información financiera a través de estados proforma; en conjunto, éstos forman parte de los aspectos cuantitativos que permiten acercarse a la mejor decisión en la creación de la mipyme.

3.4.1. Ingresos proyectados

De acuerdo con la información presentada en el inciso 3.3.5, para el año uno de operación, se contempla procesar aproximadamente 36 toneladas de desechos metálicos, con incrementos anuales del 7.3%, según las estimaciones de la oferta del mismo apartado. Respecto al precio de venta de los desechos metálicos procesados, se contempla un precio fijo promedio de venta por kilogramo de \$3.50, debido a que es el precio que ha regido en los últimos periodos dentro del sector de chatarreras y empresas gestoras; por lo tanto, los cálculos de los ingresos proyectados para el primer año se muestran en la tabla 3.10.

Pieza	2021	
	kg/año	Cantidad MXP
Bujía convencional e Iridium	3674.76	\$12,861.66
Filtros gasolina/aceite	9455.88	\$33,095.58
Discos y tambores	21840.00	\$76,440.00
Otras partes tren motriz	1809.24	\$6,332.00
Total	36780	\$ 128,729.58

Tabla 3.10. Proyección de ingresos para el primer año del proyecto. Elaboración propia.

La proyección de ingresos completa a 10 años se puede apreciar a mayor detalle en el Anexo C.

3.4.2. Inversiones

Inversión fija. Se contempla la inversión en activos fijos tangibles como terrenos, obras físicas, mobiliario, equipo y maquinaria; todo ello necesario para proveer las

condiciones necesarias con la finalidad de que la mipyme lleve a cabo sus actividades.

En las tablas 3.11 y 3.12 respectivamente se plantean las inversiones fijas del proyecto para las cuestiones administrativas y operativas.

Activo fijo de oficinas	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Muebles oficina	4	\$ 1,500.00	\$ 6,000.00
Computadoras	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
Impresora	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00
Escritorio	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
Total			\$ 15,000.00

Tabla 3.11. Detalle inversión activo fijo oficinas. Elaboración propia.

Activo fijo producción	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Lavadora	1	\$ 11,000.00	\$ 11,000.00
Tornillo de banco	2	\$ 3,500.00	\$ 7,000.00
Mesa de trabajo	2	\$ 5,000.00	\$ 10,000.00
Herramientas	15	\$ 800.00	\$ 12,000.00
Contenedores	4	\$ 1,200.00	\$ 4,800.00
Báscula	1	\$ 4,500.00	\$ 4,500.00
Gato hidráulico para pallet	1	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
Total			\$ 57,300.00

Tabla 3.12. Detalle inversión activo fijo producción. Elaboración propia.

Debido a que ya se cuenta con el terreno, se contempla un monto de \$1,500,000 para el concepto de este activo fijo.

Referente a la inversión diferida, se considera un monto de \$10,000 para la contratación de un servicio de consultoría especializada para revisión de instalación eléctrica.

A modo de resumen, en la tabla 3.13 se muestran las inversiones fijas y diferidas, considerando un porcentaje del total de éstas del 5% para imprevistos.

Concepto	Costo
Activo fijo producción	\$ 57,300.00
Activo fijo de oficinas	\$ 15,000.00
Terreno e instalaciones	\$1,500,000.00
Inversión diferida	\$ 10,000.00
Subtotal	\$1,582,300.00
5% imprevistos	\$ 79,115.00

Tabla 3.13. Resumen inversiones totales. Elaboración propia.

3.4.3. Costos

Costos de producción. Estos costos intervienen directamente en el procesamiento de los desechos metálicos, que, de acuerdo con el estudio técnico, se estima en 3.6 toneladas mensuales. En la tabla 3.14 se muestran los costos de materia prima y demás insumos necesarios para la operación.

Elemento	Unidad	Costo	Cantidad mensual	Costo mensual	Costo anual
Activo limpiador	L.	\$ 25.00	15	\$ 375.00	\$ 4,500.00
Plástico p/employar	M.	\$ 0.50	40	\$ 20.00	\$ 240.00
Discos pulidores	Pza.	\$ 35.00	10	\$ 350.00	\$ 4,200.00
Cardas	Pza.	\$ 35.00	10	\$ 350.00	\$ 4,200.00
Grasa p/rodamiento	Kg	\$190.00	0.5	\$ 95.00	\$ 1,140.00
Etiquetas	M.	\$ 1.50	10	\$ 15.00	\$ 180.00
			Total	\$ 1,205.00	\$14,460.00

Tabla 3.14. Desglose costos de materias primas. Elaboración propia.

Los gastos anuales en servicios básicos se especifican en la tabla 3.15, los cuales corresponden a cantidades efectivamente pagadas en las instalaciones.

Concepto	Cantidad mensual	Cantidad anual
Agua	\$ 350.00	\$ 4,200.00
Luz	\$ 750.00	\$ 9,000.00
Teléfono e internet	\$ 499.00	\$ 5,988.00
Total		\$ 19,188.00

Tabla 3.15. Detalle costos de servicios. Elaboración propia.

Mano de obra directa. Como se ha mencionado en el inciso 3.3.5 del presente estudio, al inicio del proyecto se estima contar con un trabajador; de acuerdo con las cuotas obrero-patronales y con la aportación de vivienda del IMSS en el ejercicio 2020, las prestaciones del trabajador serían del 33.9%, por ello, el total a pagar de mano de obra, considerando estas prestaciones, se detallan en la tabla 3.16.

Personal	Plantilla	Salario/base	Sueldo mensual	Sueldo Anual
Ayudante/Operador	1	\$ 141.70	\$ 4,251.00	\$ 51,012.00
			Subtotal	\$ 51,012.00
			Prestaciones 33.9%	\$ 17,293.07
			Total	\$ 68,305.07

Tabla 3.16. Detalle costos por mano de obra directa. Elaboración propia.

Gastos de administración. Para este rubro se considera el sueldo de un empleado de medio tiempo para actividades administrativas; aplica el mismo porcentaje de prestaciones obrero-patronales y aportación de vivienda del IMSS en el ejercicio 2020, por lo que el total a pagar, considerando estas prestaciones, se muestra en la tabla 3.17.

Personal	Plantilla	Salario/base	Sueldo mensual	Sueldo Anual
Secretaria (medio tiempo)	1	\$ 100.00	\$ 3,000.00	\$ 36,000.00
			Subtotal	\$ 36,000.00
			Prestaciones 33.9%	\$ 12,204.00
			Total	\$ 48,204.00

Tabla 3.17. Detalle gastos de administración. Elaboración propia.

Gastos de ventas. En este rubro se consideran los gastos anuales calculados correspondientes al mantenimiento preventivo y correctivo de una unidad de reparto, el mantenimiento de equipo y herramientas, el cual corresponde aproximadamente al 15% de su valor total, y al consumo de combustible del equipo de transporte, los cálculos correspondientes se muestran en la tabla 3.18

Concepto	Monto anual
Mantenimiento vehículos	\$ 12,000.00
Mantenimiento equipo	\$ 5,000.00
Combustibles	\$ 12,000.00
Total	\$ 29,000.00

Tabla 3.18. Detalle gastos de ventas. Elaboración propia.

Costo total de operación. Los costos totales para solventar la operación anual total de entre 36-40 ton. Se obtuvieron a partir de la suma de los gastos de producción, administración y ventas, el detalle de dichos cálculos se muestra en la tabla 3.19.

Concepto	Costo	Porcentaje
Costos de producción	\$101,953.07	56.91%
Gastos de administración	\$ 48,204.00	26.91%
Gastos de ventas	\$ 29,000.00	16.19%
Total	\$179,157.07	100.00%
Costo unitario por kg	\$ 4.39	

Tabla 3.19. Costos totales de operación. Elaboración propia.

3.4.4. Capital de trabajo

El capital de trabajo que se considera es el equivalente a 90 días del costo total de operación de la mipyme; se estima contar con un inventario propio de materia prima de aproximadamente 21 toneladas con precio de venta de \$3.50, lo cual daría un total de \$75,000 que, junto con los montos totales de insumos, gastos de ventas, administración y producción, conforman el capital de trabajo por \$65,354.27; que es la cantidad necesaria para el funcionamiento a corto plazo, el desglose del capital de trabajo se muestran en la tabla 3.20.

Concepto	Costo anual	Costo 90 días
Inventarios y materia prima	\$ 89,460.00	\$ 22,365.00
Costos de producción	\$101,953.07	\$ 25,488.27
Gastos de administración	\$ 48,204.00	\$ 12,051.00
Gastos de ventas	\$ 29,000.00	\$ 7,250.00
Total	\$268,617.07	\$ 67,154.27

Tabla 3.20. Desglose capital del trabajo del proyecto. Elaboración propia.

3.4.5. Estados financieros del proyecto

Los estados financieros que se contemplan para el proyecto fueron los siguientes:

- Estado de resultados
- Balance general
- Flujo de efectivo

Estado de resultados. Este análisis permitió detallar los ingresos de la mipyme en un determinado periodo de tiempo, además de los costos y gastos erogados.

Para el proyecto se presentaron las siguientes consideraciones:

- El incremento anual en las ventas de metal hacia las empresas recicladoras o fundidoras se calculó tomando de referencia el promedio anual de incremento en el parque vehicular de los municipios de Toluca y Metepec (7.3%).
- El costo de las materias primas se considera con un aumento del 10% anual correspondiente al promedio de la inflación en los últimos cinco años; en el caso de la compra del metal se considera un precio fijo de \$1.5 por kilogramo y para el precio de venta se consideró el precio de \$3.5 por kg, tomando como base los precios del mercado al año inmediato, anterior a la realización del presente proyecto; ello, debido a que no existen registros históricos oficiales sobre precios de compra venta de chatarra metálica.
- Promedio del aumento al salario mínimo para la mano de obra del 8.9% de los últimos cinco años.
- Se considera pagar un ISR del 15% al 16%, aproximadamente, de acuerdo con los ingresos proyectados a 10 años.

El estado de resultados del proyecto se muestra en la tabla 3.21.

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por ventas	\$ 278,729.58	\$ 299,076.84	\$ 320,909.45	\$ 344,335.84	\$ 369,472.35	\$ 396,443.84	\$ 425,384.24	\$ 456,437.29	\$ 489,757.21	\$ 525,509.48
Total de beneficios afectados por impuesto	\$ 278,729.58	\$ 299,076.84	\$ 320,909.45	\$ 344,335.84	\$ 369,472.35	\$ 396,443.84	\$ 425,384.24	\$ 456,437.29	\$ 489,757.21	\$ 525,509.48
Mano de obra	\$ 68,305.07	\$ 74,384.22	\$ 81,004.41	\$ 88,213.81	\$ 96,064.84	\$ 104,614.61	\$ 113,925.31	\$ 124,064.66	\$ 135,106.41	\$ 147,130.88
Materia prima e Insumos	\$ 69,629.82	\$ 76,592.80	\$ 84,252.08	\$ 92,677.29	\$ 101,945.02	\$ 112,139.52	\$ 123,353.47	\$ 135,688.82	\$ 149,257.70	\$ 164,183.47
Costos fijos	\$ 19,188.00	\$ 21,106.80	\$ 23,217.48	\$ 25,539.23	\$ 28,093.15	\$ 30,902.47	\$ 33,992.71	\$ 37,391.98	\$ 41,131.18	\$ 45,244.30
Total costos de ventas	\$ 157,122.89	\$ 172,083.82	\$ 188,473.98	\$ 206,430.33	\$ 226,103.01	\$ 247,656.59	\$ 271,271.49	\$ 297,145.46	\$ 325,495.30	\$ 356,558.66
Utilidad bruta	\$ 121,606.69	\$ 126,993.02	\$ 132,435.47	\$ 137,905.51	\$ 143,369.35	\$ 148,787.24	\$ 154,112.74	\$ 159,291.82	\$ 164,261.91	\$ 168,950.83
Gastos de ventas	\$ 29,000.00	\$ 31,900.00	\$ 35,090.00	\$ 38,599.00	\$ 42,458.90	\$ 46,704.79	\$ 51,375.27	\$ 56,512.80	\$ 62,164.08	\$ 68,380.48
Gastos de admón.	\$ 48,204.00	\$ 53,024.40	\$ 58,326.84	\$ 64,159.52	\$ 70,575.48	\$ 77,633.02	\$ 85,396.33	\$ 93,935.96	\$ 103,329.55	\$ 113,662.51
Utilidad de operación	\$ 44,402.69	\$ 42,068.62	\$ 39,018.63	\$ 35,146.99	\$ 30,334.97	\$ 24,449.43	\$ 17,341.15	\$ 8,843.07	-\$ 1,231.72	-\$ 13,092.17
Gastos financieros	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos	\$ 44,402.69	\$ 42,068.62	\$ 39,018.63	\$ 35,146.99	\$ 30,334.97	\$ 24,449.43	\$ 17,341.15	\$ 8,843.07	-\$ 1,231.72	-\$ 13,092.17
Impuestos (ISR)	\$ 6,660.40	\$ 6,310.29	\$ 5,852.79	\$ 5,272.05	\$ 4,550.25	\$ 3,667.41	\$ 2,601.17	\$ 1,326.46	-\$ 184.76	-\$ 1,963.83
Utilidad Neta	\$ 37,742.29	\$ 35,758.33	\$ 33,165.84	\$ 29,874.94	\$ 25,784.73	\$ 20,782.01	\$ 14,739.98	\$ 7,516.61	-\$ 1,046.96	-\$ 11,128.34

Tabla 3.21. Estado de resultados proyectado. Elaboración propia.

Balance general. Este estado financiero al iniciar operaciones se detalla en la tabla 3.22.

ACTIVO CIRCULANTE		PASIVO CIRCULANTE	
Inventario	\$ 75,000.00		
Cuentas por cobrar	\$ -	Cuentas por pagar	\$ -
Gastos prepagados	\$ -	Proveedores	\$ -
Inversiones a corto plazo	\$ -	Acreedores diversos	\$ -
Inventario de insumos auxiliares	\$ -	Sueldos y salarios acumulados	\$ -
Total Activo Circulante	\$ 75,000.00	Total Pasivo Corriente	\$ -
Activos Fijos (Largo plazo)		Pasivo a Largo Plazo	
Terreno	\$ -	Cuentas por pagar L.P.	\$ -
Obra civil	\$ 1,500,000.00	Impuesto sobre la renta diferido	\$ -
Maquinaria y equipo	\$ 57,300.00	Otros	\$ -
Transporte	\$ 120,000.00	Total Pasivo a Largo Plazo	\$ -
Total Activo Fijo	\$ 1,677,300.00	Capital	
Otros Activos	\$ -	Capital social	\$ 1,656,000.00
Primas de seguros	\$ -		
Otros	\$ 15,000.00		
Total Otros Activos	\$ 15,000.00	Total del patrimonio	\$ 1,656,000.00
Total Activos	\$ 1,767,300.00	Total Pasivo y Patrimonio Neto	\$ 1,656,000.00

Tabla 3.22. Balance general del proyecto. Elaboración propia.

Flujo de efectivo. Este estado financiero mostro la diferencia entre los ingresos y egresos de la empresa, dicha diferencia vuelve a ser utilizada para cubrir costos y gastos que pueden presentarse en determinado tiempo. Esta diferencia le permitió a la empresa contar con un margen de seguridad para su operación, siempre y cuando su flujo sea positivo.

Para el estudio en cuestión, el flujo neto de efectivo comprende la utilidad neta proyectada durante un periodo de 10 años, así como el monto correspondiente a la depreciación de los activos. Dicho flujo no contempla cargos financieros por concepto de créditos bancarios, puesto que el proyecto se realizará en su totalidad con recursos propios. En la tabla 3.23 se exponen los datos estimados de dicho flujo del proyecto.

Año	0	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Inversión inicial	\$ 82,300.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Capital de trabajo neto inicial	\$ 67,154.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad neta	\$ -	\$ 41,312.00	\$ 39,685.00	\$ 37,486.00	\$ 34,627.00	\$ 31,012.00	\$ 26,532.00	\$ 21,064.00	\$ 14,474.00	\$ 6,606.00	-\$ 2,710.00
(+) Depreciación	\$ -	\$ 81,038.00	\$ 81,038.00	\$ 81,038.00	\$ 81,038.00	\$ 81,038.00	\$ 81,038.00	\$ 81,038.00	\$ 81,038.00	\$ 81,038.00	\$ 81,038.00
Efectivo generado por la operación(A)	\$ -	\$ 122,350.00	\$ 120,723.00	\$ 118,523.00	\$ 115,664.00	\$ 112,049.00	\$ 107,569.00	\$ 102,102.00	\$ 95,511.00	\$ 87,643.00	\$ 78,327.00
Flujo de inversión											
(+) venta de equipo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(-) compra de herramientas y equipo de transporte	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 150,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Efectivo generado por inversión(B)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 150,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo neto de efectivo (A+B)	-\$ 149,454.00	\$ 122,350.00	\$ 120,723.00	\$ 118,523.00	\$ 115,664.00	-\$ 37,951.00	\$ 107,569.00	\$ 102,102.00	\$ 95,511.00	\$ 87,643.00	\$ 78,327.00

Tabla 3.23. Flujo de efectivo el proyecto. Elaboración propia.

3.4.6. Valor presente neto

El cálculo del valor presente neto mostró la diferencia que existe entre los flujos de efectivo esperados (ingresos) y el valor presente, o actual, del desembolso o inversión original (egresos). Ambos flujos fueron descontados al costo de capital sobre las inversiones proyectadas.

Los datos correspondientes para dicho cálculo fueron: I_0 (Inversión inicial) = \$147,654.27, K (tasa de rendimiento mínima atractiva esperada= 10% y n (periodo del proyecto) =10 años.

Al sustituir los datos correspondientes en la fórmula 2, se obtuvieron los datos de la tabla 3.24, que muestra los resultados del valor presente neto para cada uno de los años proyectados.

	Año	Flujo efectivo	Factor de descuento	Valor presente	Flujo descontado
0	0	\$ -	-	\$ -	-\$ 148,404.27
1	2021	\$ 122,349.79	0.9091	\$ 111,227.08	-\$ 37,177.19
2	2022	\$ 120,722.83	0.8264	\$ 99,770.93	\$ 62,593.74
3	2023	\$ 118,523.04	0.7513	\$ 89,048.11	\$ 151,641.85
4	2024	\$ 115,664.11	0.683	\$ 79,000.14	\$ 230,642.00
5	2025	-\$ 37,950.94	0.6209	-\$ 23,564.55	\$ 207,077.45
6	2026	\$ 107,569.03	0.5645	\$ 60,719.92	\$ 267,797.37
7	2027	\$ 102,101.95	0.5132	\$ 52,394.44	\$ 320,191.81
8	2028	\$ 95,511.03	0.4665	\$ 44,556.60	\$ 364,748.41
9	2029	\$ 87,643.15	0.4241	\$ 37,169.25	\$ 401,917.66
10	2030	\$ 78,327.03	0.3855	\$ 30,198.46	\$ 432,116.12

Tabla 3.24. Detalle cálculo del VPN para el periodo 2021-2030 del proyecto Elaboración propia.

Se obtuvo un valor presente neto para el final del periodo proyectado de \$432,116.12, por lo tanto, la inversión resulta positiva y se acepta, puesto que se tendría una utilidad de \$283,709.12, con respecto a la inversión inicial de \$148,407.

3.4.7. Tasa interna de retorno

Con los flujos de efectivo proyectados del estado de resultados, se calculó la tasa interna de retorno dinámicamente mediante una tabla de datos y la fórmula 2 misma que se automatizó en Excel para obtener la TIR; se obtuvo como resultado una tasa del 75.45%; que sugiere es recomendable llevar a cabo la inversión en el proyecto, ya que es mayor en 65.45% con respecto a la TREMA propuesta de 10%.

Los datos del cálculo de la TIR con la tasa de descuentos a la cual el VPN es igual a cero y que se calculó mediante la automatización de Excel, se muestran en la tabla 3.25.

Año	Flujo efectivo	Valor presente	Flujo descontado
0	-\$ 148,404.27	\$ -	-\$ 148,404.27
2021	\$ 122,349.79	\$ 69,734.02	-\$ 78,670.25
2022	\$ 120,722.83	\$ 39,216.82	-\$ 39,453.43
2023	\$ 118,523.04	\$ 21,944.58	-\$ 17,508.85
2024	\$ 115,664.11	\$ 12,205.75	-\$ 5,303.10
2025	-\$ 37,950.94	-\$ 2,282.60	-\$ 7,585.70
2026	\$ 107,569.03	\$ 3,687.54	-\$ 3,898.16
2027	\$ 102,101.95	\$ 1,994.92	-\$ 1,903.25
2028	\$ 95,511.03	\$ 1,063.62	-\$ 839.63
2029	\$ 87,643.15	\$ 556.28	-\$ 283.35
2030	\$ 78,327.03	\$ 283.35	\$ -

Tabla 3.25. Tabla de descuentos del VPN del proyecto. Elaboración propia.

3.4.8. Periodo de recuperación

El tiempo de recuperación se obtuvo tomando como base los datos del flujo inicial de la tabla 3.24 por lo que, al realizar la sustitución de estos en la fórmula 4 se obtuvo:

$$PRI = (N - 1) + \left(\frac{FNE_{AC}}{FNE_{+}} \right) = PRI = (3-1) + \frac{37177.19}{99770.93} = 2.3$$

Donde:

PRI = Periodo de recuperación de la inversión

N = Número del año donde el flujo neto de efectivo acumulado se vuelve positivo

FNE_{AC} = Valor absoluto del último flujo descontado acumulado negativo

FNE₊ = Valor del primer flujo descontado positivo subsecuente al año correspondiente al valor absoluto del último flujo descontado acumulado negativo

Se obtuvo que en dos años tres meses es el tiempo que debe pasar o que a partir de este se comenzará a recuperar la inversión inicial del proyecto, se trata de un tiempo corto para recuperar la inversión, considerando que existen variedad de proyectos de emprendimiento que representan mayores niveles de riesgo financiero, mayor tiempo de inversión o niveles de incertidumbre.

3.4.9. Punto de equilibrio

A partir del presupuesto de ingresos, los costos de producción, ventas y administración se clasificaron en fijos y variables, y se presentan en la tabla 3.26. Así mismo, con la finalidad de determinar el nivel de ventas donde los ingresos totales son iguales a los costos totales; es decir, no existe utilidad ni pérdida, se realizó el cálculo del punto de equilibrio sustituyendo los datos correspondientes en la fórmula 5, obteniendo de este modo el punto de equilibrio que se presenta en la misma tabla.

$$PE = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{V}} = PE = \frac{\$ 145,497.07}{1 - \frac{\$ 81,629.82}{\$ 278,729.58}}$$

Donde:

PE = Punto de equilibrio

CF = Costos fijos

CV = Costos variables

V = Ventas

Concepto	2021
Ventas totales	\$ 278,729.58
Costos fijos	
Servicios (agua, luz, teléfono, etc.)	\$ 11,988.00
Gastos administrativos	\$ 48,204.00
Mano de obra	\$ 68,305.07
Mantenimiento de vehículos	\$ 12,000.00
Mantenimiento de equipo	\$ 5,000.00
Total costos fijos	\$ 145,497.07
Costos variables	
Materia prima	\$ 69,629.82
Combustibles	\$ 12,000.00
Total costos variables	\$ 81,629.82
Punto de equilibrio	\$ 205,755.38
Porcentaje respecto a VT	73.82%
Cantidad (tn)	58.79

Tabla 3.26. Cálculo del punto de equilibrio del proyecto. Elaboración propia.

Así mismo, se realizó gráficamente el cálculo del punto de equilibrio (figura 3.21) con la finalidad de conocer los siguientes aspectos:

- A. Dimensionar la cantidad de toneladas necesarias para alcanzar el punto de equilibrio.
- B. Identificar la intersección y equilibrio de las ventas y costos totales donde, a partir de ese punto, se logra tener utilidades.

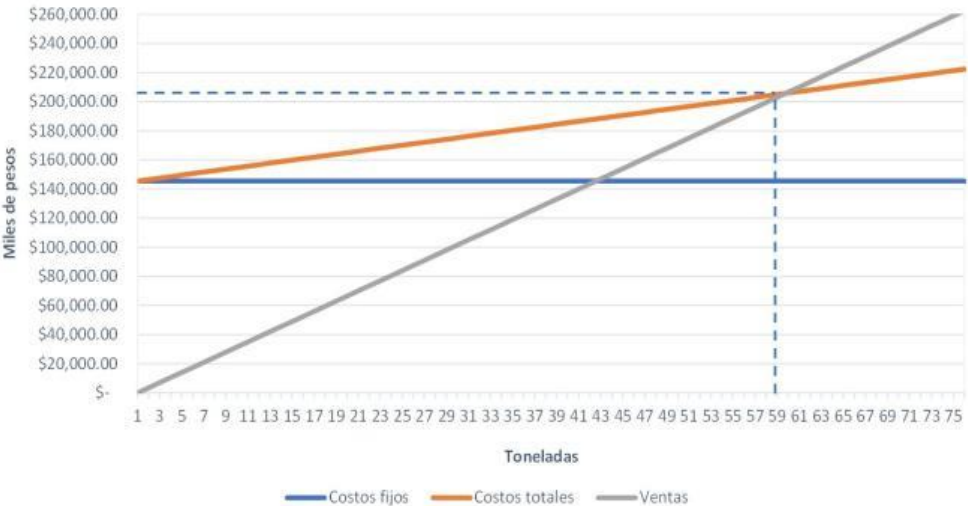


Figura 3.21. Gráfica punto de equilibrio para el primer año del proyecto. Elaboración propia.

De acuerdo con los datos de la tabla 3.26 y con la gráfica de la figura 3.21 respectivamente, en el primer año se cuenta con un punto de equilibrio de \$205,755.38 y 58.79 toneladas, lo cual equivale a un 73.82% de operación con respecto a las ventas totales. Conforme pase cada año se incrementará la región que corresponde a pérdidas y disminuye la región de ganancias; esto se debe en parte a que los gastos se incrementan significativamente en cada periodo debido a la inflación y a la incertidumbre financiera.

3.4.10. Análisis de sensibilidad

Con la finalidad de demostrar la rentabilidad del proyecto, se evaluaron mediante la herramienta de tabla de datos automatizada de Excel, ciertos escenarios económicos que podrían afectar indicadores tales como: la relación costo beneficio (R C/B), el retorno sobre la inversión (ROI) y el tiempo de recuperación (TR); por ello, los escenarios y sus variables económicas unidimensionales evaluadas fueron:

- Escenario de aumento de egresos con precio y volumen de venta constantes y su incidencia en TIR, VPN, R C/B, ROI y TR, los datos obtenidos se muestran en la tabla 3.27.

Porcentaje aumento egresos	TIR	VPN	R C/B	ROI	TR
10%	68.00%	\$410,532.73	3.766	2.77	2.6
20%	60.62%	\$386,791.00	3.606	2.61	2.8
30%	41.71%	\$308,443.30	3.078	2.08	3.7
40%	22.58%	\$172,640.61	2.163	1.16	5.9
50%	6.85%	-\$ 65,014.10	0.562	-0.4	10

Tabla 3.27. Análisis sensibilidad de escenario aumento de egresos. Elaboración propia.

Para el caso de este escenario, se puede apreciar que la mayor variable afectante para el VPN es el aumento de egresos; por ello, al tener un incremento del precio de la materia prima y los gastos en un 50% en conjunto, con respecto a las estimaciones iniciales, el proyecto deja de ser rentable. Se puede apreciar que aún sin alcanzar este porcentaje, el VPN, el costo beneficio y el ROI disminuyen, lo que resulta en poca atracción financiera del proyecto.

- Escenario de disminución de ingresos en 5% con respecto a los estimados iniciales, con precio de materia prima y precio de venta constantes, considerando la incidencia para los mismos indicadores de la tabla 3.27; los resultados obtenidos se detallan en la tabla 3.28.

Porcentaje disminución de ingresos	TIR	VPN	R C/B	ROI	TR
10%	64.44%	\$399,410.03	3.69	2.7	2.7
15%	52.07%	\$355,256.79	3.39	2.4	3.2
20%	41.08%	\$305,216.46	3.06	2.1	3.7
25%	32.65%	\$255,176.13	2.72	1.7	4.3
30%	26.67%	\$210,139.83	2.42	1.4	5.1
35%	22.65%	\$173,360.19	2.17	1.2	5.9
40%	20.06%	\$146,038.17	1.98	1	6.4
45%	18.47%	\$127,595.81	1.86	0.9	6.7
50%	17.56%	\$116,325.47	1.78	0.8	6.9

Tabla 3.28. Análisis sensibilidad de escenario disminución ingresos. Elaboración propia.

Para los resultados obtenidos en la tabla 3.28, en la mayoría de los escenarios de disminución de ingresos por ventas, se afecta el VPN con respecto a las estimaciones iniciales, pero no al grado de representar pérdidas o cifras negativas (a excepción de un escenario).

En ambos resultados de las tablas 3.27 y 3.28, el VPN es positivo y la TIR sigue siendo mayor respecto a la TREMA (10%). Sin embargo, el tiempo de recuperación se incrementa, y esto resultaría en alto riesgo financiero, ya que, para cualquier proyecto, se esperaría que el dinero invertido sea recuperado a la brevedad.

Uno de los principales objetivos de cualquier emprendimiento de negocio, es la rentabilidad, por lo que, para este caso, se contempla que el negocio se considere no como una mipyme recicladora de metales o como revendedora de productos terminados, si no en la oferta de ser quien apoye en la solución de una problemática de los talleres: la gestión de sus desechos metálicos, de ahí que esta sea considerada como la una de las principales ofertas de valor, que apoye en la consolidación en el mercado y rentabilidad.

Algunas estrategias que se proponen para alcanzar dichos objetivos son:

- Consolidar la operación mediante la mejora de procesos. - Conforme se tenga mayor expertise en la operación diaria, se podrán identificar mejoras e implementar la filosofía how know (saber hacer).
- Aumentar el margen de ganancia. – mediante la adquisición de mejor materia prima, e insumos, programas de capacitación para personal, considerar aumento de precios de acuerdo con la oferta/demanda.
- Gestionar adecuadamente los gastos. - adopción de programas de mantenimiento a maquinaria, herramientas y equipo de transporte, control de insumos y tiempos de trabajo.
- Enfocarse en la experiencia de clientes y proveedores. – ofrecer una interacción completa en cuanto a cumplimiento y calidad de inputs/outputs, que permita crear preferencias que derive en relaciones comerciales leales y duraderas.
- Networking. - mediante el uso de redes sociales, página web, e interacción con otras entidades económicas del ramo o de diferentes sectores se podrían establecer alianzas para capacitaciones, financiamientos, emprendimientos, etc.

Como se ha visto en el análisis de sensibilidad, existen ciertos factores de mercado (aumentos de precios en insumos, competencia, escasez de materia prima, etc.) que pueden afectar en la actividad y ganancias; una de las formas para mitigar dichos factores, es la adopción de ciertas estrategias de escalamiento de negocio, que contribuyan su fortalecimiento sin incurrir en grandes costos adicionales. Para el caso del proyecto se proponen las especificadas en la figura 3.22 que hacen referencia a estrategias adoptables a partir del año 5 de operación de la mipyme.

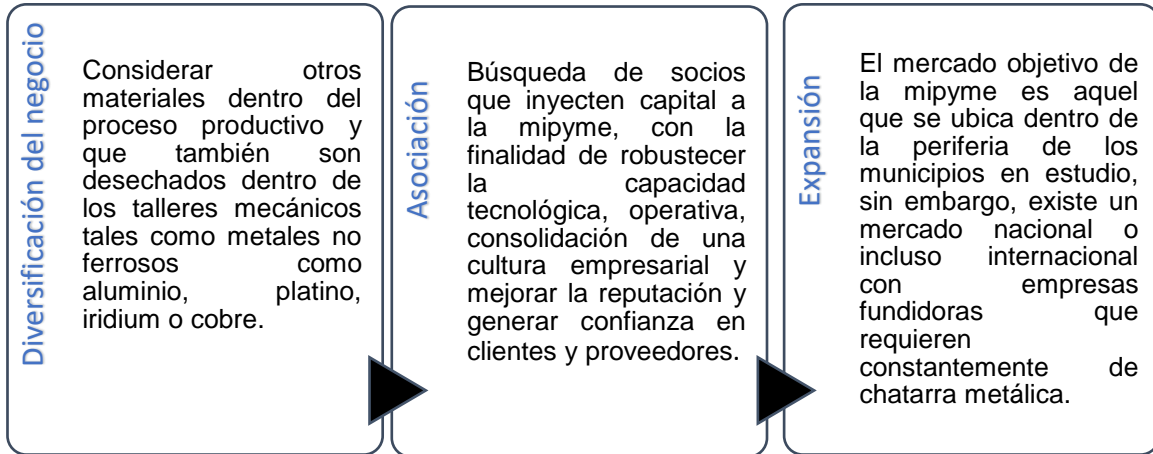


Figura 3.22. Esquema escalamiento del negocio. Elaboración propia.

4. PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS METÁLICOS PARA TALLERES Y CENTROS DE REPARACIÓN AUTOMOTRIZ

Con base en la información recabada y desarrollada en los puntos anteriores de esta investigación, se puede apreciar que, independientemente del resultado obtenido en los análisis técnico y económico sobre la factibilidad para llevar a cabo una empresa de reciclaje de metales, es importante contar con algún plan de manejo de residuos metálicos para el gremio de talleres mecánicos, puesto que actualmente no se cuenta con algún plan formal diseñado por organizaciones civiles o gubernamentales, tal es el caso en otros sectores económicos que sí cuentan con planes de gestión de residuos.

Como ejemplos de planes de manejo de residuos en diversos sectores se tienen:

- Plan de manejo de residuos de la industria de construcción y demolición (PM-RCD), cuyo objetivo es facilitar la construcción sustentable minimizando la generación de residuos de la construcción facilitar la construcción

sustentable, minimizando la generación de Residuos de la Construcción y la Demolición (RCD) y maximizando su aprovechamiento, bajo el concepto de corresponsabilidad entre los tres órdenes de gobierno y los diferentes actores que participan en la cadena de valor de la industria de la construcción.

- Plan de manejo de residuos peligrosos de la Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores (AMDA), cuyo objetivo es minimizar la generación de los residuos peligrosos y no peligrosos, así como su manejo integral, implementando medidas que reduzcan los costos de su administración, faciliten y hagan más efectivos desde la perspectiva ambiental, tecnológica, económica y social, los procedimientos para su adecuado manejo; alentando la innovación de procesos, métodos y tecnologías, para lograr una administración integral de los residuos, que sea económica y técnicamente viable. Este plan está enfocado principalmente al manejo de residuos fluidos tóxicos y contaminantes: aceites, grasas, lodos y anticongelantes.
- Plan de manejo de residuos generados en actividades agrícolas, cuyo objetivo es Identificar las acciones que se están ejecutando actualmente respecto del manejo de los residuos y que representan buenas prácticas.
- Planes de manejo para residuos del transporte, residuos tecnológicos, residuos de tiendas departamentales o comerciales, residuos de servicios de salud y en general de la industria de plásticos y metalmecánica.

Al igual que los ejemplos antes mencionados, en el caso de los talleres mecánicos automotrices resulta fundamental contar con plan de manejo de residuos que se pueda ejercer en las propias instalaciones y/o que brinde pauta para que el personal que ahí labora sepa cómo actuar en actividades de valorización, clasificación, separación y envío a centros autorizados o empresas fundidoras. Para ello, se proponen, además, actividades transversales con entidades gubernamentales, los municipios, cámaras de comercio o gremios y los talleres mecánicos para la promoción y difusión de buenas prácticas, capacitación y formación profesional en actividades de manejo y también de marco regulatorio.

Se pretende que dicho plan junto con las estrategias propuestas sea dado a conocer a las entidades antes mencionadas mediante presentaciones en eventos tales como expos mecánicas o eventos locales del gremio en los municipios de Toluca y Metepec, el acercamiento con las autoridades se podría llevar a cabo en reuniones específicas con los responsables de las áreas de desarrollo económico, protección civil o ecología y medio ambiente.

Como primer paso en el plan de manejo para los talleres y centros de reparación automotriz se proponen las siguientes actividades.

4.1. Acopio y limpieza de los desechos metálicos

Como se ha detallado en el apartado 3.1.2 del presente proyecto, los desechos metálicos generados en los servicios de reparación se acopian y almacenan en cualquier lugar dentro de las instalaciones, comúnmente, se trata de lugares en donde no se interfiera con otras actividades o áreas de trabajo, por lo que la primera operación para llevar a cabo el acopio sería realizar una inspección visual y técnica del estado en el cual se encuentran con la finalidad de identificar, entre otras cosas, la no existencia de residuos químicos peligrosos como aceites, combustibles, anticongelantes, ácidos o lodos químicos. En caso de existir alguno de estos elementos, deberán ser separados del resto de los materiales para llevar a cabo su limpieza.

En caso de que existan residuos no metálicos (papel, cartón, plástico, etc.), éstos se deberán separar del resto con el fin de mejorar la calidad del producto obtenido; esta separación se realizará de forma manual. Los desechos restantes se dirigirán hacia los contenedores comunes destinados para el manejo de basura y serán enviados mediante el servicio local de recolección de residuos. Otra opción es el acopio de estos desechos y su valorización para el posterior envío a empresas de compraventa de desechos sólidos urbanos.

Para ello, resulta necesario entregar a toda persona que labore en los talleres mecánicos una guía rápida con ejemplos de los residuos resultantes de su operación diaria, con la finalidad de llevar a cabo la correcta separación y posterior aprovechamiento de estos. En la figura 4.1 se expone un ejemplo de dicha guía, con algunos ejemplos de residuos sólidos que se manejan habitualmente, así como su descripción, manejo y destino.

	Concepto	Descripción	Destino	Ejemplo
Guía rápida	Residuos metálicos no peligrosos	Partes metálicas no contaminadas o con bajo grado de contaminación con líquidos, residuos o combustibles	Almacenamiento en sitio para proceso de limpieza y direccionamiento a empresa gestiona dora	Bujías, baleros, partes de suspensión, partes de frenos y herrajes
	Residuos metálicos peligrosos	Envases de aceites y/o grasas, latas de aerosoles, asbestos, filtros de combustible	Almacenamiento en sitio para proceso de limpieza y direccionamiento a empresa recolectora de residuos peligrosos.	Empaques laminados de motor, latas de líquidos limpiadores de inyectores, envases de aceites o aditivos minerales o sintéticos
	Otros residuos no peligrosos	Papel, cartón, aluminio, hule, rebaba de metal	Envío a empresa de compraventa de residuos sólidos urbanos	Envolturas de filtros, cajas, plásticos, correas, latas de refresco, pet.
	Otros residuos peligrosos o tóxicos	Partes compuestas de material corrosivo, inflamable o toxico	Envío a empresa manejadora de residuos y sustancias peligrosas	Baterías de plomo, ácidos, anticongelantes

Figura 4.1. Guía rápida de identificación/separación de residuos para talleres mecánicos. Elaboración propia.

Posterior a la separación, una actividad fundamental se trata del registro de los desechos metálicos acopiados, puesto que es importante contar con la descripción y cantidad aproximada de éstos. En el anexo D se muestra un ejemplo del formato a llenar; los datos recabados servirán como base para realizar las actividades posteriores de limpieza, almacenamiento, envío, así como para control interno.

4.2. Limpieza de los desechos metálicos

Algunas partes metálicas con restos de grasas, lubricantes, hollín, o combustibles deberán ser limpiadas antes de su almacenamiento. El proceso para llevar a cabo la limpieza es mediante una lavadora de piezas, con la que cuentan y utilizan en la mayoría de los talleres; ésta permite, mediante soluciones desengrasantes, llevar a cabo la limpieza, además, es de acero soldado y robusto con un estante extraíble y una cesta de piezas. Esta lavadora de piezas tiene una tapa resistente al calor que se cierra automáticamente en caso de incendio; la bomba de recirculación de alta resistencia posee una válvula flexible para dirigir el flujo de disolvente sobre las piezas. La solución será suministrada en el contenedor y se circulará mediante la bomba, un ejemplo de dicha lavadora con las características antes mencionadas se muestra en la figura 4.2.



Figura 4.2. Lavadora portátil de piezas. Mikels (2020).

Los residuos líquidos resultantes de la limpieza serán depositados en los contenedores con los que cuentan los talleres; al igual que el aceite usado y demás químicos, los residuos deberán ser canalizados mediante el servicio de recolección con la empresa especializada contratada por el taller.

Con la finalidad de reforzar ésta y cada una de las actividades del plan de manejo dentro de los talleres, así como de alentar la vinculación de las entidades gubernamentales y el gremio, se propone el esquema mostrado en la figura 4.3, el cual plasma estrategias conjuntas, metas y designación de responsables que actúen en la implementación y seguimiento de esta primera parte del plan de manejo.

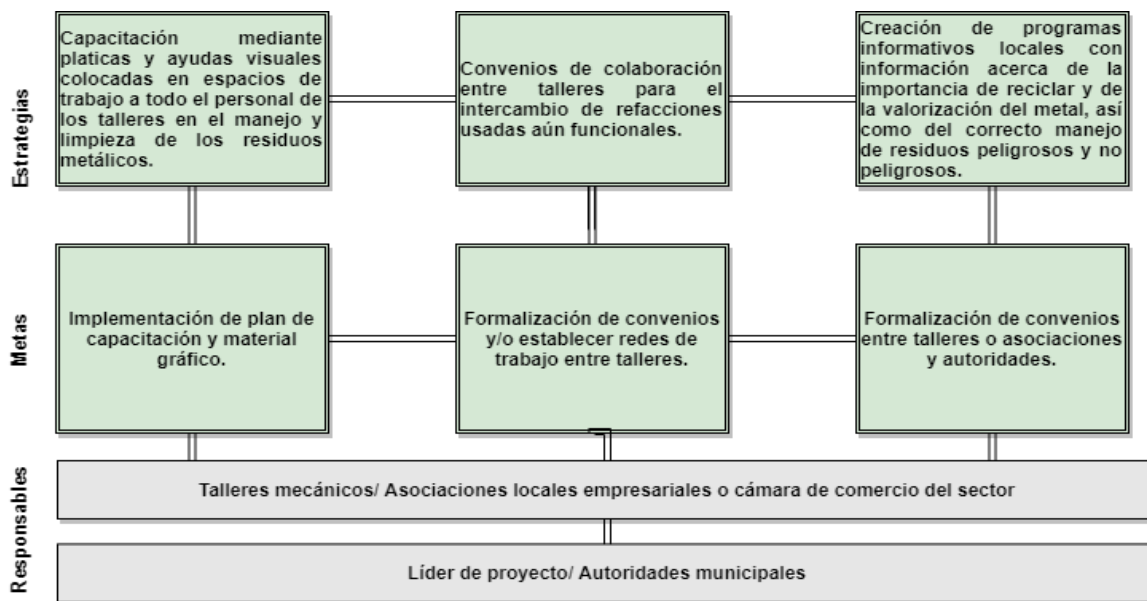


Figura 4.3. Esquema de actividades transversales de acopio y limpieza de residuos. Elaboración propia.

4.3. Etiquetado y almacenamiento temporal

Una vez que los residuos metálicos estén limpios, se procederá a realizar el etiquetado de éstos; con la finalidad de identificar de cuál parte metálica se trata, así como el lugar de almacenamiento que tendrá. En este punto se considera realizar el etiquetado también para desechos de otro tipo, ya sea papel, cartón, plásticos, etc., los cuales, de cierto modo, resultan del proceso de acopio y limpieza.

Se utilizará el etiquetado de acuerdo con la NOM-118- STPS-2000, y del cual se muestra un ejemplo en la figura 4.4; este establece el sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo mediante un código de colores y letras. Además, se determina el grado de riesgo en cada una de las características con números del cero al cuatro con su respectivo color, siendo el cero el que representa menor riesgo y el cuatro el de mayor riesgo, respecto a los colores, el azul corresponde a riesgo para la salud, rojo riesgo de incendio, amarillo reactividad y blanco riesgo específico.

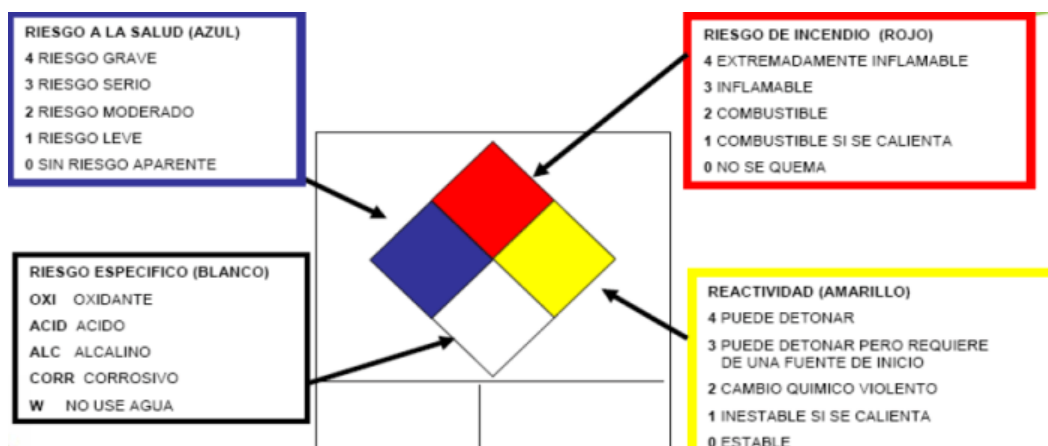


Figura 4.4. Etiqueta para el sistema de identificación. Adaptado de manual para el manejo de residuos peligrosos de tipo químico (CRETI). Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinoza de los Reyes SSA. (2011).

Dicha etiqueta deberá ser usada en los contenedores que serán identificados de acuerdo con el desecho a almacenar; dado que en este caso no se trata de residuos peligrosos, cada etiqueta se deberá llenar con el número "0" en el espacio indicado que podría corresponder al color azul o rojo, haciendo alusión que no existen riesgos para la salud y/o incendio.

Los contenedores para utilizar tienen una capacidad de 200 litros; la mayoría de los talleres cuentan con ellos, debido a que se trata de contenedores de fácil adquisición y reuso; comúnmente, en éstos se envasa el aceite de motor automotriz y otros químicos utilizados en los talleres.

En caso de que el taller no cuente con estos tambos para almacenamiento, se hará uso de los convenios de cooperación propuesto en el esquema de actividades de la figura 4.3.

La figura 4.5 muestra algunas imágenes a modo de ejemplos, de los contenedores de almacenaje a utilizar para los residuos metálicos con sus etiquetas de identificación correspondientes.



Figura 4.5. Ejemplos de contenedores de almacenamiento para desechos metálicos. Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, otros desechos generados dentro de los talleres, resultado de los procesos de acopio y limpieza tales como grasas, solventes, aceites, trapos y envases, también deben ser identificados y almacenados para su posterior envío a las empresas manejadoras de residuos; esto de acuerdo con los procedimientos establecidos por cada taller.

Se propone realizar una separación de estos desechos, identificándolos también con la etiqueta CRETl, la cual deberá ser llenada de acuerdo con el riesgo presentado; en la figura 4.6 muestra algunos ejemplos de contenedores con sus etiquetas de identificación correspondientes para dichos tipos de desechos.



Figura 4.6. Ejemplos de contenedores de almacenamiento para otros desechos. Elaboración propia.

Respecto al almacenamiento, cada taller cuenta con diversas áreas de trabajo y distribución física, sin embargo, la mayoría cuenta con las siguientes áreas en común.

Entrada/salida, área de recepción, área de trabajo, oficina, almacén, sanitarios, áreas libres destinadas al estacionamiento de vehículos y, comúnmente, en las orillas o esquinas se ubican los diversos desechos generados, por ello, se propone que en dicha parte se ubiquen también los contenedores para los desechos metálicos.

El almacenaje de los desechos metálicos es temporal, puesto que se espera que el tiempo máximo de permanencia sea de un mes; con este tiempo se pueden llevar la programación de recolección por parte de la empresa gestora correspondiente; en relación a los otros tipos de desechos como envases vacíos de plástico, trapos y franelas, cartón, plástico, hules y demás, el almacenaje estará en función de las actividades de recolección realizadas por el servicio local de recolección de basura o de la empresa gestora contratada por el taller.

La figura 4.7, muestra un esquema con la propuesta de la ubicación y distribución para los contenedores de almacenamiento que se podría aplicar en los talleres mecánicos, considerando las áreas comunes existentes en cada taller y haciendo hincapié en la no interferencia con el área de trabajo.

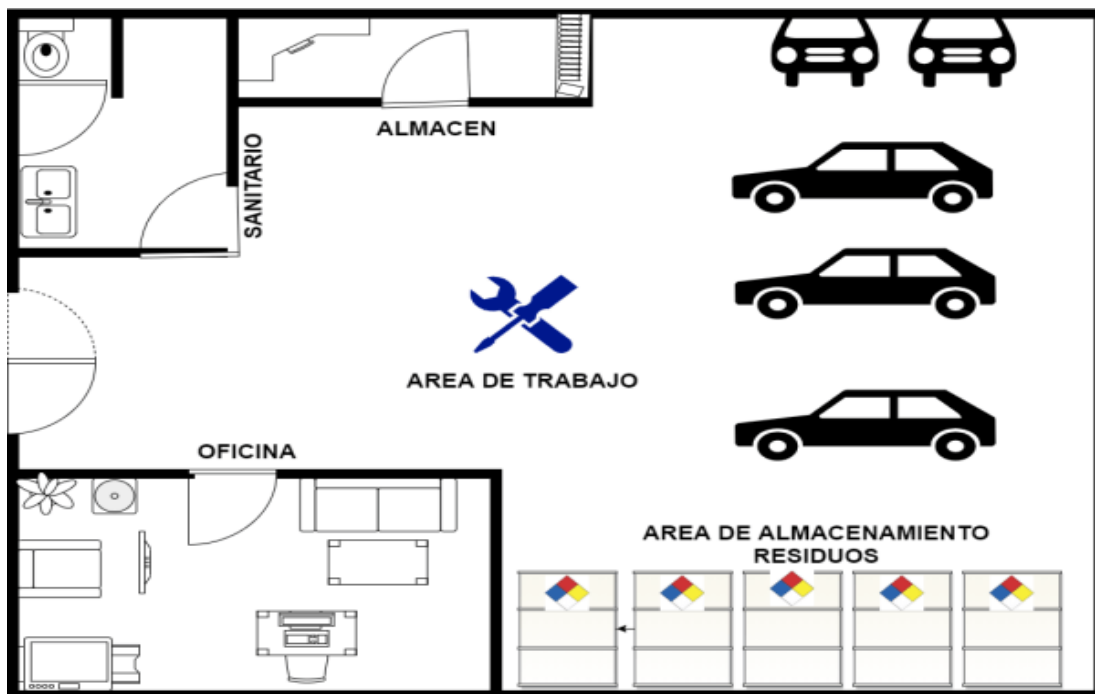


Figura 4.7. Propuesta de layout para talleres mecánicos en general. Elaboración propia.

Respecto a las actividades, estrategias de información y cooperación entre los talleres, su gremio y las autoridades correspondientes para el almacenaje de los desechos, se proponen las especificadas en la figura 4.8 mismas que están encaminadas a ofrecer una guía para la capacitación y obtención de recursos materiales que coadyuven en el cumplimiento de las metas en esta parte del plan de manejo.

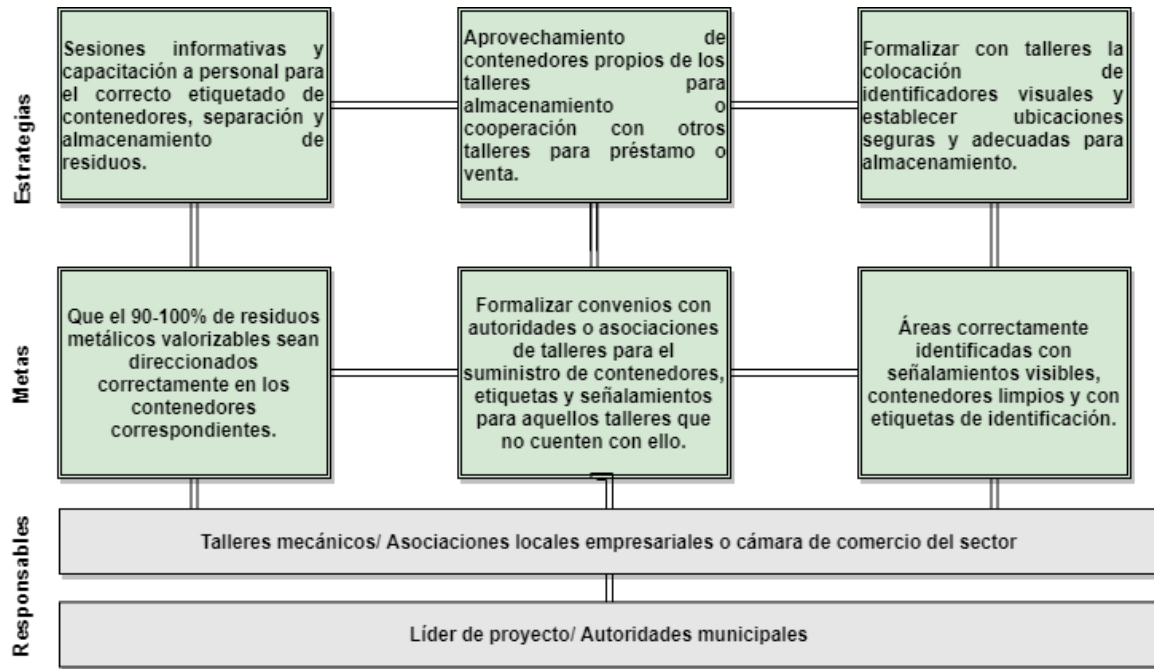


Figura 4.8. Esquema de actividades de etiquetado y almacenamiento de residuos para talleres mecánicos. Elaboración propia.

4.4. Direccionamiento de los desechos

De acuerdo con lo establecido en los pasos anteriores de acopio, limpieza, etiquetado y almacenamiento, y con la finalidad de potencializar el aprovechamiento y el reciclaje de los residuos, se debe llevar a cabo el correcto direccionamiento o envío a las empresas gestoras correspondientes, las cuales se encargarán de realizar las actividades de disposición final, ya sea mediante compactación, prensado, recorte, fragmentación o fundición.

La selección de la opción para envío quedará a cargo del taller mecánico, puesto que como valor agregado a la contribución en el correcto manejo de desechos metálicos y en la participación en el plan de manejo, también se obtiene un beneficio económico al vender sus desechos; por ello, resulta de vital importancia el control en la concentración hacia la empresa gestora, ya que, de este modo, se cuenta con los datos de las cantidades enviadas que derivarán en el pago correspondiente.

Por ello, con la finalidad de contar con datos de las cantidades de desechos metálicos gestionados por cada taller que participa en las actividades del plan de manejo, y para comenzar a integrar los expedientes municipales y/o del gremio de talleres automotrices con respecto a las cantidades de desechos aprovechables y su manejo, será necesario documentar las cantidades enviadas mediante el formato especificado en el Anexo E, el cual deberá ser llenado en el momento en que se hace entrega a la empresa gestora de los desechos metálicos.

Uno de los objetivos del llenado del formato y registro de cantidades consiste en que los gobiernos municipales, talleres y organizaciones y/o cámaras de comercio, puedan conocer los recursos materiales y humanos necesarios para atender el manejo, e implementar estrategias futuras que coadyuven en la correcta gestión de los desechos metálicos.

Por otra parte, y al igual que en las actividades anteriores, se requieren estrategias que promuevan el correcto direccionamiento de los desechos como parte final del proceso, por lo que en la figura 4.9 se proponen las correspondientes, junto con sus participantes que coadyuven en el cumplimiento de las metas para esta parte del plan.

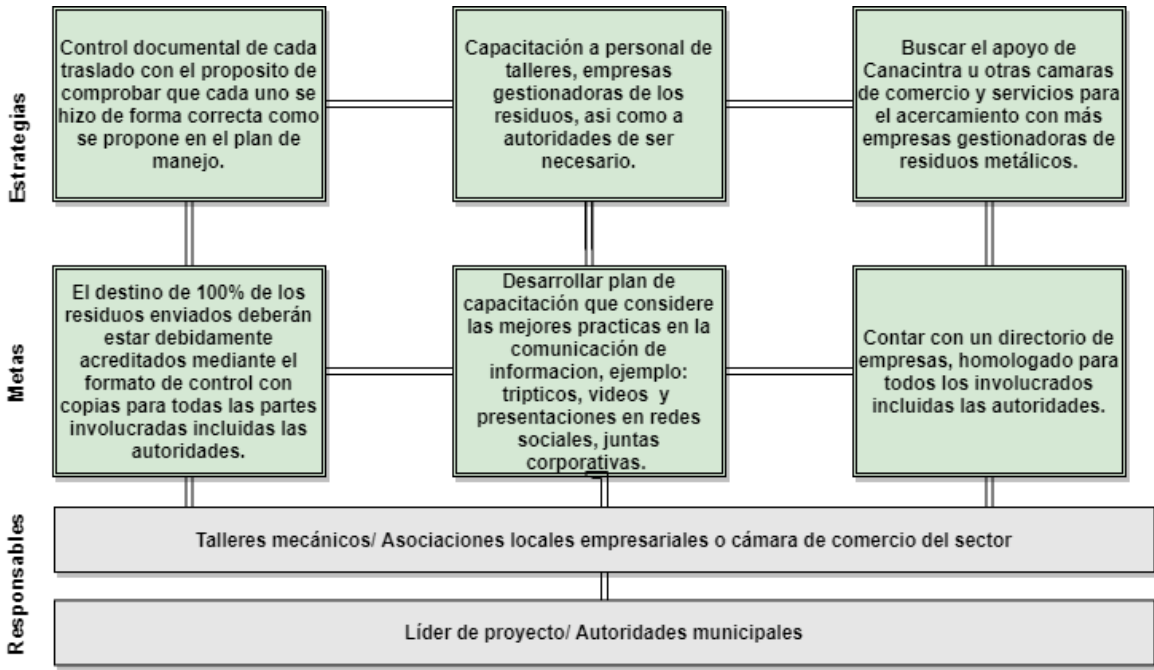


Figura 4.9. Esquema de actividades para direccionamiento de desechos. Elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general, el manejo de residuos sólidos urbanos en México es un tema no atendido y cumplido en su totalidad por los diversos sectores económicos del país; esto se debe en parte, al desconocimiento de los principales actores en cada uno de los rubros sociales o gubernamentales en los cuales se generan dichos residuos.

Existe un sinnúmero de sectores económicos que generan grandes cantidades de desechos de todo tipo; uno de ellos es el de servicios de reparación automotriz, el cual se encuentra en constante crecimiento. Derivado de lo anterior, este tema de estudio surgió como una propuesta para una correcta gestión de los desechos metálicos en dicho sector, para ello, el estudio se dividió principalmente en dos tareas que formaron parte de este tema de estudio; las cuales fueron:

Estudio de factibilidad técnica y económica para la creación de una mipyme gestionadora que cuente con los elementos tecnológicos, humanos, económicos e infraestructura necesarios, la cual funcione a manera de una entidad pionera en los municipios de Toluca y Metepec Estado de México, con referencia a las actividades de clasificación, limpieza y direccionamiento de desechos metálicos; algunos de los principales resultados fueron los siguientes.:

El análisis de la oferta potencial con base en una población de 90 talleres indicó una cantidad anual de 36 toneladas de desechos metálicos de los cuatro grupos de las refacciones más utilizadas según el análisis ABC llevado a cabo; para los periodos proyectados posteriores, se esperan incrementos de demanda en proporción al aumento anual de vehículos registrados en los municipios de Toluca y Metepec Méx.

Se estima que la demanda potencial anual de desechos por parte de las empresas gestionadoras o fundidoras de mayor escala este en constante aumento, esto, considerando factores de ajuste al alza, debido a que se espera alta demanda de materia prima (según los indicadores macroscópicos retrospectivos y prospectivos) por parte de diversos sectores industriales mundiales, tales como de manufactura o automotriz.

La inversión inicial estimada para la operación de la mipyme es de \$148,404.27, sin considerar instalaciones o terrenos.

El punto de equilibrio para el primer año de operación de la mipyme fue de 58 toneladas; ello equivaldría a \$205,755.38, se trata de un punto de equilibrio alto

respecto a la capacidad instalada debido a los gastos de la empresa con relación a los ingresos estimados.

La evaluación financiera indica un tiempo de recuperación de la inversión de 2.3 años con una TIR de 75.45% con un retorno sobre la inversión de más de \$2 por cada peso invertido (ROI= 2.91).

Respecto al plan de manejo para talleres mecánicos y organizaciones del gremio, debido a que el tema es poco tratado en dicho sector; este plan se diseñó con cuatro actividades en cuanto al proceso que debe seguir el personal de los talleres mecánicos. Se consideró que, en ocasiones, el tiempo para llevar tareas de gestión de residuos es escaso, por ello, se hizo hincapié en la versatilidad de las tareas, colaboración, y corresponsabilidad de los principales involucrados.

Se espera que estas actividades generen las bases para futuros planes con mayor cooperación entre los principales involucrados y con un mayor alcance en el manejo de los residuos metálicos y de otro tipo, además de que estas actividades sean incluidas en las normatividades gubernamentales de diversos niveles.

Así mismo, de acuerdo con la información de los apartados 1.1 al 1.9 del marco teórico respecto a la importancia que tiene el metal ferroso en cuanto a su utilización en diversos sectores y procesos productivos, así como la relevancia que representa la oportunidad de reciclaje de este material, demuestra que, pueden presentarse beneficios en diversos ámbitos, desde el económico, ambiental, social, hasta el de innovación y desarrollo de nuevas ideas en el manejo de los RSU.

Por lo tanto, considerando el enunciado de que lo que no se mide no se puede mejorar, se requiere profundizar más en la obtención de elementos cuantitativos tales como tasas de generación, análisis de demanda, relación costo beneficio e impacto social, que permitan robustecer medidas integrales respecto a los modelos de manejo de RSU, involucrando no solo a las entidades sociales y gubernamentales como las mencionadas en el presente trabajo, sino también a stakeholders secundarios como por ejemplo: otros sectores productivos, medios de comunicación, competencia y ecologistas.

Se podría considerar el caso de empresas que manejan otro tipo de RSU tales como PET, llantas, vidrio o plásticos, que mediante economía circular han logrado establecer modelos de negocio sustentables, y que han contribuido en la creación, adopción e implementación exitosa de planes de manejo y estandarización de operaciones, que han permitido mejorar el manejo, transformación y disposición final de dichos RSU.

Algunas recomendaciones aplicables al tema son las siguientes:

- Es necesario considerar que llevar a cabo las actividades de reciclaje para desechos metálicos automotrices podría tener afectaciones al largo plazo en la industria de extracción y comercialización de materiales vírgenes, puesto que en la medida en que el sector comercial e, incluso, el gobierno promueva estas actividades, se llevarán a cabo en mayores zonas y bajo nuevas normas ambientales, lo cual podría afectar a otros sectores económicos.
- Una vez instalado el proceso, es necesario continuar con el análisis de los otros materiales que un vehículo utiliza en gran medida, por ejemplo, los cristales, plásticos, fibras, metales no ferrosos; así como definir qué hacer con los utilizados en menor medida, con la finalidad de considerar llevar a cabo actividades de gestión de los residuos de estos materiales e incluirlos en planes de capacitación para su manejo.
- Con el fin de llevar a cabo la gestión de residuos a mayor escala, resulta necesaria una mayor inversión de recursos que permitiría contar con la figura empresarial de una pyme, la cual considere análisis más robustos respecto a estudios de mercado, financieros, de capacidad instalada, cálculos de oferta, demanda, etc.
- Considerar en futuras investigaciones los siguientes aspectos: la normatividad y planes de gestión para el manejo de residuos y chatarra metálica generada en el sector automotriz; convenios existentes entre armadoras, asociaciones de talleres, agencias y demás, en otros países principalmente de la Unión Europea, con la finalidad de proponerlos, adaptarlos e implementarlos localmente, a nivel estatal o nacional en México.

REFERENCIAS

- Amante, B., Lacayo, A., Pique, M., y López-Grimau, V. (2010). Gestión de residuos a lo largo del ciclo de vida de un automóvil. *Afinidad*, 67(549).
- Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores (AMDA). (S.F.). Plan de manejo de residuos peligrosos. México: AMDA.
- Baca, G. (2013). Evaluación de proyectos (7a edición). México: McGraw-Hill Interamericana.
- Calderón, J. (2011). El mercado de repuestos en México. México: Industria Nacional de Autopartes (INA).
- Geografía, E. D. N. I. Y. & Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). (2009). 125 años de la Dirección General de Estadística 1882–2007. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Fleischmann, M., Krikke, H., Dekker, R., y Flapper, S. (2000). A Characterization of Logistics Networks for Product. *Omega: The International Journal of Management Science*, 28(6), 200.
- Fondo de Población de las Naciones Unidas. (2007). Informe Anual. Nueva York: UNFPA.
- García, J., Ramos, C., Ruiz, G. (2016). Estadística empresarial. España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz.
- Gómez, C., Cervantes, J., González, P. (2012). Administración de Proyectos. México: UAM.
- González, J. (2011). Reutilización de las partes de recambio de un automóvil como materia prima. Tesis grado en Ing. Industrial. Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Argentina.
- Gremio de Recuperación de Cataluña y Agencia de Residuos de Cataluña (2006). Guía de buenas prácticas para el reciclaje de metales en Cataluña. Cataluña: Agencia de Residuos de Cataluña.
- Greenpeace México. (2019). La Falacia de la industria en la lucha contra la contaminación. México: Greenpeace.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018). Encuesta Nacional de ingresos y Gastos de los Hogares. México: INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas: INEGI.
- Martínez, R. (2009). Investigación comercial: Técnicas e instrumentos. Madrid, España: Tébar Flores Editorial.

- Méndez, A., Cedillo, R., González, M. (2017). Etapas previas en el reciclado de plásticos de uso automotriz. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).
- Méndez, R. (2020). Formulación y evaluación de proyectos: enfoque para emprendedores. Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones.
- Monroy, N. (2006). Logística Reversa: retos para la ingeniería industrial. Revista de ingeniería Universidad de los Andes, 23, 23-33.
- Morales, A., Morales, J. (2009). Proyectos de inversión. Evaluación y formulación. México: McGraw Hill.
- Nahirñak, P. (2016). Informes de Cadenas de Valor: Automotriz y Autopartista. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas.
- Norgate, T. (2013). Metal Recycling: The Need for a Life Cycle Approach. Clayton: CSIRO.
- Otamendi, J. (2002). Simulación: una herramienta eficiente para la toma de decisiones. Boletín de la Sociedad de Estadística e Investigación Operativa, 18(1), 2-7.
- Pochampally, K., Nukala, S., y Gupta, S. (2009). Strategic planning models for reverse and closed-loop supply chains. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis.
- Porter, M. (1985). Ventaja competitiva. México: Grupo Editorial Patria.
- Quinkertz, R., Rombach, G, Liebig, D. (2001). A Scenario to Optimise the Energy Demand of Aluminium Production Depending on the Recycling Quota. Resources, Conservation and Recycling, 33(3), 217-234.
- Rodríguez, J., Pierdant, A., Rodríguez, E. (2014). Estadística aplicada II: estadística en administración para la toma de decisiones. México: Grupo Editorial Patria.
- Rogers, D. S., y Tibben-Lembke, R. (2001). An Examination of Reverse Logistics and Practices. Journal of Business Logistics, 22(2), 129-148.
- Romero, E. (2016). Estadística para todos. Chile: Ediciones Pirámide.
- Rosales, R. (2013). Procesos de desarrollo y la teoría de gestión de proyectos. ICAP-Revista Centroamericana de Administración Pública, (64), 9-29.
- Rubio, L. (2003). El sistema de logística inversa en la empresa: Análisis y aplicaciones. Tesis doctoral. España: Universidad de Extremadura.
- Sabino, C. (1986). El proceso de investigación. Caracas: Editorial Panapo.
- Sapag, J. (2004). Evaluación de proyectos: Guía de ejercicios problemas y soluciones. México: McGraw Hill.
- Sapag, N. (2007). Proyectos de Inversión. Formulación y Evaluación. México: Pearson Prentice Hall.

- Spiegel, M., Stephens, L. (2009). Estadística (4a. ed.). México: McGraw Hill.
- Torres, Z., Torres, H. (2014). Administración de proyectos. México: Grupo Editorial Patria.
- Lind, D. A., Marchal, W. G., Wathen, S. A., & Lind, D. A. (2019). Estadística aplicada a los negocios y la economía (Decimoséptima edición). McGraw-Hill.

Páginas de Internet

- ALSIMET. (2019). Reciclaje de chatarra de metal: una apuesta por la sostenibilidad. Recuperado de <http://alsimet.es/es/noticias/chatarra-metal-reciclaje-reutilizacion>
- Arkiplus. (2020). Usos del estano. Recuperado de <https://www.arkiplus.com/usos-del-estano/>
- Protossmetales. (2020). Importancia del reuso de metales. Recuperado de <https://protossmetales.com/la-importancia-del-reuso-de-metales/>
- Blog.reparacion. (2020). Los materiales para carrocerías de automóviles actuales. Recuperado de <https://blog.reparacion-vehiculos.es/articulo-tecnico-que-materiales-se-utilizan-en-la-fabricacion-de-las-carrocerias>
- BMW. (2020). Servicios. Recuperado de <https://www.bmw.com.mx/es/topics/offers-and-services/personal-services/recycling.html>
- KIA. (2020). Beneficios. Recuperado de <https://www.kia.com/es/kia-service/beneficios/sostenibilidad/>
- Volkswagen. (2020). Construcción y reciclaje de nuestros autos. Recuperado de www.vw.com.mx/es/tengo-un-volkswagen/informacion-importante/reciclaje.html
- American Chemistry Council. (2019). Reports and Studies. Recuperado de <https://plastics.americanchemistry.com/Reports-and-Publications/>
- Cluster industrial 2021. (2021) México pasaría a ser el 4º productor de autopartes, desplazando a Alemania. Recuperado de <https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/3515/mexico-pasaria-a-ser-el-4-productor-de-autopartes-desplazando-a-alemania-ina>
- ARIDRA (2019). Reportes. Recuperado de <http://aridra.mx/directorio/#reporte>
- Carmatch. (2018). Las siete refacciones más comunes para tu automóvil. Recuperado de <http://carmatch.mx/articles/advice/consejos-de-mantenimiento/las7-refacciones-mas-comunes-para-tu-automovil-parte-2>

- El Financiero. (2020). Quieren la chatarra de México. Recuperado de <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/de-jefes/quieren-la-chatarra-de-mexico>
- El maestro mecánico. (2018). Cinco hábitos para el buen cuidado de tu coche. Recuperado de <http://elmaestromecanico.blogspot.com/2018/09/>
- Forbes. (2020). México es líder en generación de residuos en América Latina: ANIPAC. Recuperado de <https://www.forbes.com.mx/mexico-es-lider-en-generacion-de-residuos-en-america-latina-anipac/>
- Gestión de RSU. (2015). Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas de los RSU. Recuperado de http://aulagaasociacion.files.wordpress.com/2015/03/4_propiedades_rsu.pdf
- INECC. (S.F.). Residuos de manejo especial. Recuperado de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/705/manejoespecial.pdf>
- INEGI. (2014). Residuos sólidos. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/residuos/>
- INEGI. (2019). Censos económicos. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>
- INEGI. (2020). Vehículos de motor registrados en circulación. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/vehiculosmotor/#Tabulados>
- Lara, R. (2017). Las historias de #Expansión500: De acero hace negocio con el reciclaje. Recuperado de <https://expansion.mx/empresas/2017/07/26/las-historias-de-expansion500-deacero-hace-negocio-con-el-reciclaje>
- CANACERO. (2019). El acero en México. Recuperado de <https://www.canacero.org.mx/aceroenmexico.php>
- Plastics Technology México. (2017). Etapas previas en el reciclado de plásticos de uso automotriz. Recuperado de <http://www.ptmexico.com/art%C3%ADculos/etapas-previas-en-el-reciclado-de-plsticos-de-uso-automotriz>
- Pulidindi, K., Pandey, H. (2019). Industry Trends. Recuperado de <https://www.gminsights.com/industry-analysis/recycled-metal-market>

- Ruiz, C. (2016). Desarrollo y estructura de la industria automotriz en México. Recuperado de <https://library.fes.de/pdffiles/bueros/mexiko/13016.pdfS&PGLOBAL>. Precios del acero. Recuperado de <https://www.steelbb.com/es/steelprices/scrap/>
- SEDESOL. (S.F.). Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales. Recuperado de <http://www.inapam.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/1592/1/images/ManualTecnicosobreGeneracionRecoleccion.pdf>
- SEMARNAT. (2021). Documentos relativos al Programa U012 Gestión Integral de Residuos. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/documentos-relativos-al-programa-u012-gestion-integral-de-residuos>
- SEMARNAT. (2017). Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-rsu>
- Sornosa. A. (2010). La importancia del reciclaje de los coches. Recuperado de <https://www.motorpasion.com/otros/la-importancia-del-reciclaje-de-los-coches>
- TRANSPORTE.MX. (2016). Todo lo que necesitas saber de la logística inversa. Recuperado de <https://www.transporte.mx/todo-lo-que-necesitas-saber-de-la-logistica-inversa/>
- Brembo. (2020). Principal. Recuperado de <https://www.brembo.com/es/autom%C3%B3viles/aftermarket>
- Rassini. (2020). Principal. Recuperado de <https://www.rassini.com>
- Superservicioleon.(2020). Principal. Recuperado de <https://www.superservicioleon.com/conocenos>

ANEXOS

Anexo A. Clasificación materiales de autopartes de acuerdo con los principales sistemas funcionales de automóviles.

Plástico	Metal	Hule	Aluminio	Otros
Ventilador Filtros aire/cabina	Cabeza motor Bielas Cojinetes Árbol de levas Distribuidor Termostato Bombas Inyectores Bujías Filtros aceite/gasolina Carter Cigüeñal Volante de motor	Bandas Gomas suspensión Mangueras Retenes/Sellos	Radiador Bombas de agua Tomas de agua Bases de motor	Acumulador
	Discos Zapatillas balata Tambores Herrajes			
	Resortes Amortiguadores rotulas/horquillas Barras de torsión Brazos auxiliares Rodamientos Chasis/carrocería	Bujes y topes Llantas		
Sensores Fusibles Capuchones Cables	Bulbos válvulas y solenoides			Focos y faros

Anexo B. Detalle completo del promedio de refacciones utilizadas en los 90 talleres de acuerdo con análisis ABC.

ID	Nombre taller	Ubic.	Prom. mensual bujías	Peso en kg bujías	Prom. filtros gasolina /Aceite (piezas)	Peso en Kg filtros	Prom. discos/tambores (piezas)	Peso en Kg	Prom. otras piezas tren motriz	Peso en kg
1	AUTOSERVICIO PERALTA	TL.	78	3.677	37	9.06	7	24.5	5	1.73
2	CENTRO DE SERVICIO AUTOMOTRIZ SMARP	TL.	86	3.294	38	9.49	4	14	5	1.73
3	CLÍNICA AUTOMOTRIZ	TL.	76	2.911	46	11.73	6	21	4	1.38
4	EPS TOLUCA	TL.	98	3.753	31	7.52	6	21	5	1.73
5	EURO DÍAZ SERVICIO ESPECIALIZADO	TL.	116	4.443	46	11.59	5	17.5	9	3.11
6	MACROVER AUTO S.A. Q, S.A. DE C.V.	TL.	88	3.37	48	12.15	5	17.5	1	0.35
7	MECÁNICA EN GENERAL ARCHUNDIA LEÓN	TL.	114	4.366	40	9.75	6	21	8	2.76
8	PROTOOLS COLLISION CENTER S.A. DE C.V.	TL.	106	4.06	41	10.33	7	24.5	4	1.38
9	REVISIÓN FEDERAL JAGUAR	TL.	96	3.677	32	7.8	6	21	3	1.04
10	SERVICIO GARCÍA TALLER MECÁNICO	TL.	88	3.37	40	9.75	6	21	7	2.42
11	SERVICIO ALARCÓN	TL.	96	3.677	32	7.8	8	28	9	3.11

ID	Nombre taller (Continuación)	Ubic.	Prom. mens ual bujías	Peso en kg bujías	Prom. filtros gasolina /Aceite (piezas)	Peso en Kg filtros	Prom. discos/ta mbores (piezas)	Peso en Kg	Prom. otras piezas tren motriz	Peso en kg
12	SERVICIO AUTOMOTRIZ J. E.	TL.	88	3.37	40	9.9	5	17.5	9	3.11
13	SERVICIO AUTOMOTRIZ LEMARC	TL.	118	4.519	48	12.15	7	24.5	6	2.07
14	SERVICIO AUTOMOTRIZ PEÑA	TL.	96	3.677	43	10.59	6	21	2	0.69
15	SERVICIO AUTOMOTRIZ TOÑO	TL.	116	4.443	46	11.44	5	17.5	2	0.69
16	SERVICIO COMONFORT	TL.	88	3.37	30	7.09	8	28	7	2.42
17	SERVICIO DE LA CRUZ	TL.	106	4.06	33	8.08	7	24.5	8	2.76
18	SERVICIO HERNÁNDEZ	TL.	72	2.758	46	11.59	7	24.5	1	0.35
19	SERVICIO M & M	TL.	86	3.294	34	8.21	8	28	8	2.76
20	SERVICIO MEDINA	TL.	104	3.983	36	8.63	8	28	4	1.38
21	SERVICIO MORALES	TL.	102	3.907	48	12.3	7	24.5	2	0.69
22	SERVICIO SÁNCHEZ	TL.	78	2.987	40	9.9	8	28	4	1.38
23	SERVICIO SÁNCHEZ TALLER MECÁNICO	TL.	116	4.443	30	7.24	7	24.5	2	0.69

ID	Nombre taller (Continuación)	Ubic.	Prom. mensual bujías	Peso en kg bujías	Prom. filtros gasolina /Aceite (piezas)	Peso en Kg filtros	Prom. discos/tabores (piezas)	Peso en Kg	Prom. otras piezas tren motriz	Peso en kg
24	SERVICIO SANTANA	TL.	86	3.294	39	9.77	6	21	5	1.73
25	SERVICIO TORRES	TL.	106	4.06	33	7.78	4	14	7	2.42
26	SERVICIO VÁZQUEZ	TL.	110	4.213	31	7.37	4	14	3	1.04
27	SUPER SERVICIO LEÓN	TL.	104	3.983	38	9.49	5	17.5	7	2.42
28	SUPER SERVICIO MEJÍA	TL.	84	3.217	44	11.02	8	28	8	2.76
29	TALLER DE HOJALATERÍA Y PINTURA CARRAL, S.A. DE C.V.	TL.	96	3.677	42	10.61	4	14	1	0.35
30	TALLER DE HOJALATERÍA Y PINTURA DESALES	TL.	78	2.987	34	8.06	8	28	9	3.11
31	TALLER MECÁNICO SÚPER SERVICIO FERCO	TL.	88	3.37	36	8.63	4	14	4	1.38
32	TALLER MECÁNICO EL GÜERO	TL.	74	2.834	45	11.3	4	14	7	2.42
33	TALLER MECÁNICO EL PUENTE	TL.	84	3.217	39	9.62	6	21	2	0.69
34	TALLER MECÁNICO EVER	TL.	92	3.524	36	8.63	4	14	8	2.76

ID	Nombre taller (Continuación)	Ubic.	Prom. mens ual bujías	Peso en kg bujías	Prom. filtros gasolina /Aceite (piezas)	Peso en Kg filtros	Prom. discos/ta mbores (piezas)	Peso en Kg	Prom. otras piezas tren motriz	Peso en kg
35	TALLER MECÁNICO MAGNATEC	TL.	110	4.213	33	8.08	5	17.5	3	1.04
36	TALLER MECÁNICO NASCAR AUTOMOTRIZ	TL.	88	3.37	40	9.9	5	17.5	7	2.42
37	TALLER MECÁNICO SAN JOSÉ	TL.	94	3.6	34	8.36	4	14	9	3.11
38	TALLER MECÁNICO SERVICIO EL CHE	TL.	106	4.06	34	8.06	6	21	2	0.69
39	VTS TALLER MECÁNICO	TL.	102	3.907	34	8.36	4	14	9	3.11
40	TALLER MECÁNICO ESPAÑA	TL.	98	3.753	30	7.09	5	17.5	7	2.42
41	TALLER MECÁNICO NASA	TL.	106	4.06	42	10.31	7	24.5	3	1.04
42	ACMÉXICO	MT.	104	3.983	34	8.06	5	17.5	2	0.69
43	ALTA MECÁNICA AUTOMOTRIZ	MT.	96	3.677	29	6.81	7	24.5	1	0.35
44	ALTO RENDIMIENTO AUTOMOTRIZ	MT.	74	2.834	48	12.15	5	17.5	2	0.69
45	AUTO SERVICIO MORALES	MT.	92	3.524	40	9.9	4	14	9	3.11
46	CYAARSA MECÁNICA	MT.	98	3.753	34	8.36	4	14	6	2.07

ID	Nombre taller (Continuación)	Ubic.	Prom. mensual bujías	Peso en kg bujías	Prom. filtros gasolina /Aceite (piezas)	Peso en Kg filtros	Prom. discos/tabores (piezas)	Peso en Kg	Prom. otras piezas tren motriz	Peso en kg
47	INGENIERÍA AUTOMOTRIZ B Y J MECÁNICA AUTOMOTRIZ	MT.	86	3.294	33	8.08	6	21	1	0.35
48	MANTENIMIENTO VOLK S SPORTS	MT.	114	4.366	33	7.93	6	21	2	0.69
49	MECÁNICA AUTOMOTRIZ FERNÁNDEZ	MT.	84	3.217	47	11.87	4	14	2	0.69
50	MECÁNICA DE VANGUARDIA	MT.	118	4.519	47	12.02	6	21	4	1.38
51	MECÁNICA ENZO	MT.	118	4.519	33	7.78	4	14	6	2.07
52	MECÁNICA INTEGRAL ROJAS	MT.	116	4.443	37	8.91	7	24.5	8	2.76
53	MECÁNICA SOLUTIONS	MT.	102	3.907	41	10.03	4	14	7	2.42
54	MECÁNICO AUTOMOTRIZ SALAS	MT.	86	3.294	30	7.24	5	17.5	2	0.69
55	QUICK FIX SERVICE	MT.	86	3.294	29	6.96	4	14	6	2.07
56	RAMEZ AUTOMOTRIZ	MT.	120	4.596	39	9.47	6	21	8	2.76
57	RASIN MECÁNICA	MT.	92	3.524	32	7.8	7	24.5	3	1.04
58	RUBÉN SERVICIO AUTOMOTRIZ	MT.	78	2.987	31	7.52	5	17.5	5	1.73

ID	Nombre taller (Continuación)	Ubic.	Prom. mens ual bujías	Peso en kg bujías	Prom. filtros gasolina /Aceite (piezas)	Peso en Kg filtros	Prom. discos/ta mbores (piezas)	Peso en Kg	Prom. otras piezas tren motriz	Peso en kg
59	SERVICIO AUTOMOTRIZ ROY	MT.	116	4.443	29	6.96	8	28	2	0.69
60	SERVICIO AUTOMOTRIZ VÁZQUEZ	MT.	90	3.447	45	11.16	8	28	7	2.42
61	SERVICIO AYALA	MT.	120	4.596	39	9.77	8	28	4	1.38
62	SERVICIO CABRERA	MT.	104	3.983	43	10.89	4	14	6	2.07
63	SERVICIO CAPRICORNIO	MT.	112	4.29	46	11.44	6	21	9	3.11
64	SERVICIO ECOTEC AUTOMOTRIZ	MT.	74	2.834	38	9.34	7	24.5	6	2.07
65	SERVICIO LECAR	MT.	78	2.987	50	12.56	5	17.5	5	1.73
66	SERVICIO MECÁNICO AUTO FRENOS	MT.	110	4.213	47	11.87	5	17.5	9	3.11
67	SERVICIO MECÁNICO AUTOMOTRIZ EME	MT.	82	3.141	45	11.45	8	28	3	1.04
68	SERVICIO MECÁNICO CHAVARRIA	MT.	84	3.217	32	7.8	4	14	1	0.35
69	SERVICIO MECÁNICO FLORES	MT.	94	3.6	44	10.87	5	17.5	9	3.11
70	SERVICIO MECÁNICO MECATRÓN	MT.	94	3.6	47	12.02	4	14	3	1.04

ID	Nombre taller (Continuación)	Ubic.	Prom. mensual bujías	Peso en kg bujías	Prom. filtros gasolina /Aceite (piezas)	Peso en Kg filtros	Prom. discos/tambores (piezas)	Peso en Kg	Prom. otras piezas tren motriz	Peso en kg
71	CENTRO AUTOMOTRIZ TECNOLÓGICO	MT.	62	2.375	27	5.95	5	17.5	5	1.73
72	CENTRO DE SERVICIOS FUEL INYECCION	MT.	59	2.26	32	7.65	5	17.5	1	0.35
73	CENTRO MECÁNICO Y MULTISERVICIOS AUTOMECÁNICA	MT.	74	2.834	33	8.21	8	28	9	3.11
74	CHEVY THUNDER	MT.	66	2.528	31	7.37	6	21	9	3.11
75	MECÁNICA SOLUTIONS	MT.	65	2.49	34	8.21	5	17.5	5	1.73
76	QUICK FIX SERVICE	MT.	71	2.719	26	5.55	7	24.5	4	1.38
77	RAMEZ AUTOMOTRIZ	MT.	57	2.183	18	3.87	7	24.5	1	0.35
78	SERVICIO AUTOMOTRIZ ÁVILAS	MT.	56	2.145	34	8.06	4	14	4	1.38
79	SERVICIO AUTOMOTRIZ CESARS	MT.	61	2.336	20	4.69	7	24.5	6	2.07
80	SERVICIO AUTOMOTRIZ CHEROKEE JR	MT.	63	2.413	32	7.65	8	28	4	1.38
81	SERVICIO AUTOMOTRIZ JL	MT.	60	2.298	20	3.87	5	17.5	6	2.07

ID	Nombre taller (Continuación)	Ubic.	Prom. mens ual bujías	Peso en kg bujías	Prom. filtros gasolina /Aceite (piezas)	Peso en Kg filtros	Prom. discos/ta mbores (piezas)	Peso en Kg	Prom. otras piezas tren motriz	Peso en kg
82	SERVICIO AUTOMOTRIZ MÁRQUEZ	MT.	59	2.26	23	5.12	7	24.5	5	1.73
83	SERVICIO AUTOMOTRIZ MILENIUM	MT.	61	2.336	24	4.99	5	17.5	3	1.04
84	SERVICIO AYALA	MT.	59	2.26	24	5.55	6	21	5	1.73
85	SERVICIO BERNAL TALLER AUTOMOTRIZ	MT.	57	2.183	22	4.84	5	17.5	1	0.35
86	SERVICIO BJ	MT.	68	2.604	28	6.53	6	21	5	1.73
87	SERVICIO CABRERA	MT.	62	2.375	32	7.5	8	28	3	1.04
88	SERVICIO DE MANTENIMIENT O AUTOMOTRIZ GONZALEZ	MT.	74	2.834	27	6.66	4	14	2	0.69
89	SERVICIO DE MANTENIMIENT O AUTOMOTRIZ J J	MT.	64	2.451	30	7.22	5	17.5	2	0.69
90	SERVICIO MECÁNICO REGA	MT.	60	2.298	22	4.99	4	14	3	1.04
TOTAL			7998	307.0 12	3230	788.0 3	520	1820	437	151.02

Anexo C. Cálculo de cantidades de desechos e ingresos esperados (Proyección año 1-5 del proyecto).

Pieza	2021		2022		2023		2024		2025	
	kg/año	Cantidad MXP	kg/año	Cantidad MXP	kg/año	Cantidad MXP	kg/año	Cantidad MXP	kg/año	Cantidad MXP
Bujía convencional e Iridium	3674.76	\$12,861,660	3943.02	\$ 13,800.56	4231	\$ 14,808.00	4540	\$15,888.99	4871	\$ 17,048.88
Filtros gasolina/aceite	9455.88	\$33,095,580	10146.16	\$ 35,511.56	10887	\$ 38,103.90	11682	\$40,885.49	12534	\$ 43,870.13
Discos y tambores	21840.00	\$76,440,000	23434.32	\$ 82,020.12	25145	\$ 88,007.59	26981	\$94,432.14	28950	\$101,325.69
Otras partes tren motriz	1809.24	\$6,332,340	1941.31	\$ 6,794.60	2083	\$ 7,290.61	2235	\$7,822.82	2398	\$ 8,393.89
Total	36780	\$128,729,580	39465	\$138,126.84	42346	\$148,210.10	45437	\$159,029.44	48754	\$170,638.58

Anexo C. (Continuación) Cálculo de cantidades de desechos e ingresos esperados (Proyección año 6-10 del proyecto).

Pieza	2026		2027		2028		2029		2030	
	kg/año	Cantidad MXP	kg/año	Cantidad MXP	kg/año	Cantidad MXP	kg/año	Cantidad MXP	kg/año	Cantidad MXP
Bujía convencional e Iridium	5226.70	\$18,293.45	5608.25	\$19,628.87	6017.65	\$21,061.78	6456.94	\$22,599.29	6928.30	\$ 24,249.04
Filtros gasolina/aceite	13449.33	\$47,072.65	14431.13	\$50,508.95	15484.60	\$54,196.10	16614.98	\$58,152.42	17827.87	\$ 62,397.54
Discos y tambores	31063.56	\$ 108,722.46	33331.20	\$116,659.2	35764.38	\$125,175.33	38375.18	\$134,313.13	41176.57	\$144,117.98
Otras partes tren motriz	2573.33	\$ 9,006.64	2761.18	\$9,664.13	2962.74	\$10,369.61	3179.03	\$ 11,126.59	3411.09	\$ 11,938.83
Total	52313	\$ 183,095.20	56132	\$196,461.15	60229	\$210,802.82	64626	\$226,191.42	69344	\$242,703.39

Anexo D. Formato de registro para la cantidad de desechos metálicos generados en los talleres mecánicos.

DA TOS GENERALES E IDENTIFICACION DE RESIDUOS METALICOS	Clave de formato
No folio	<input type="text"/>
Fecha	<input type="text"/>

Nombre o razón social del establecimiento:
--

Sistema vehicular	Refacción	Cantidad (piezas)
Encendido	Bujía convencional	
	Bujía platino	
	Bujía iridium	
Frenos	discos y tambores	
	balatas	
	herrajes	
	cilindros de rueda	
	mazas	
Suspensión	Amortiguadores	
	Bieletas, rotulas, terminales	
	muelles, ejes	
Enfriamiento	Bombas de agua	
	radiadores	
Otros	Filtros gasolina/aceite	
	Catalizadores	
	otras partes del motor y tren motriz	

Total aproximado en Kg.

Periodo de generación

Nombre y firma de responsable:

Anexo E. Formato de registro para el envío de desechos metálicos hacia empresa gestionadora.

FORMATO REGISTRO ENVIO DE DESECHOS METALICOS	Clave de formato
---	-------------------------

No folio

Fecha

Nombre del establecimiento: _____

Nombre de la empresa manejadora de residuos: _____

Periodo de generación: _____

ID	Descripción	Cantidad	Peso aproximado en Kg
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			

Total piezas	
Total Kg	

Entrega:

Recibe: