



U N I V E R S I D A D
Panamericana
Aguascalientes

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESINA

**DESARROLLO Y APROBACIÓN DE PRE-COMPUESTO PARA
MATERIAL DE RIGIDEZ AUTOMOTRIZ**

QUE PRESENTA

RUBÉN FLORES ANAYA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON RECONOCIMIENTO DE
VALIDEZ OFICIAL DE ESTUDIOS DE LA SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA SEGÚN ACUERDO NÚMERO 2007575 DE
FECHA 29 DE JUNIO DE 2006**

TUTORA

DRA. JULIETA DOMÍNGUEZ SOBERANES

AGUASCALIENTES, AGS., 21 DE NOVIEMBRE DE 2021

DEDICATORIA

A mi madre, que nos llene de orgullo hasta donde hemos llegado y que sepa que siempre me ha llevado de la mano.

A mi hija, que le llene de confianza hasta dónde puede llegar y que sepa que siempre la llevaré de la mano.

Biblioteca Agascalientes

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dra. Julieta Domínguez, por la confianza para ser parte de mi titulación, no me fue sencillo encontrar el apoyo, pero cuando llegó, todo mi trabajo terminó por tomar su forma.

A mi familia, mis raíces. Por siempre servir como pilar y como ejemplo a seguir. Cada uno a su manera me ha forjado y enseñado a lograr mis objetivos.

A mis amigos, por entenderme, apoyarme y felicitarme. Allí estuvieron a mi lado a lo largo de estos años de trabajo.

Biblioteca Aguascalientes

Contenido



UNIVERSIDAD
Panamericana
Aguascalientes

	1
Contenido		4
Índice de Figuras, Tablas y Gráficas.....		8
1. ABSTRACT		11
2. RESUMEN		12
3. INTRODUCCIÓN		13
4. HIPÓTESIS.....		14
4.1 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN		14
5 JUSTIFICACIÓN		15
6 MARCO TEÓRICO.....		18
6.1 Generalidades		18
6.2 Tipos principales de caucho		18
6.2.1 Máquinas Banbury.....		20

6.2.2 Vulcanización:	20
6.3 Formado de materiales	21
6.4 El Bitumen	23
6.5 El automóvil	23
6.5.1 Seguridad en el automóvil	24
6.5.2 Análisis de elemento finito	27
6.6 Desarrollo de materiales automotrices	28
6.6.1 Compuestos	28
6.6.2 Pruebas generales a materiales	28
6.7 Procesos de manufactura automotriz	30
6.6.1 Pintura por cataforesis.....	30
6.8 Normativa automotriz.....	30
6.9 Negocio de los materiales	31
6.9.1 Economía Circular	32
6.9.2 Nuevos impuestos	32
7 OBJETIVO GENERAL.....	34
7.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	34
7.1.1 Identificar la fórmula utilizada en una filial extranjera.	34
7.1.2 Buscar materias primas contratipos a las utilizadas en la sucursal donde se compra actualmente el pre-compuesto.....	34

7.1.3	Realizar pruebas a materias primas para ver si son compatibles.	34
7.1.4	Establecer las pruebas en la planta de México.	34
7.1.5	Realizar pruebas del compuesto de rigidez en México.	34
7.1.6	Establecer el tipo de pruebas de laboratorio y realizar algunas pruebas en laboratorios internacionales.	34
7.1.7	Realizar pruebas en la máquina extrusora.	34
8	METODOLOGÍA.	35
8.1	Diseño de formulación.	35
8.1.2	Selección de materias primas.	36
8.1.3	Pruebas a materias primas.	38
8.2	Mezclado.	39
8.3	Pruebas a la mezcla.	41
8.4	Moldeo.	43
8.5	Capacidad del proceso.	44
9	RESULTADOS.	46
9.1	Identificar la fórmula utilizada.	46
9.2	Pruebas a materias primas.	46
9.3	Pruebas en línea, México.	48
9.4	Pruebas en laboratorio.	51
9.6	Análisis FODA.	53



10. DISCUSIONES	54
11. CONCLUSIONES	56
BIBLIOGRAFÍA.....	58

Biblioteca Aguascalientes

Índice de Figuras, Tablas y Gráficas

Figura 1. Ejemplos de colocación de piezas de rigidez en auto tipo sedán.	15
Figura 2: Gráfica de comparaciones con compuesto de rigidez, siendo la fuerza necesaria en Newtons para doblar un panel de metal en mm.	16
Figura 3. Proceso de extrusión desde la recepción del polímero hasta el embarque a cliente.	21
Figura 4. Pruebas de flexión lateral (tomado de Aguilar,2017).	27
Figura 5: Tributación de impuestos que aplicarán a los materiales de exportación (Tomado de Halla-Villa Jiménez & Cartoixa, 2011).	33
Figura 6: Metodología del desarrollo y evaluación del pre-compuesto	35
Figura 7. Ejemplo de ficha técnica de materia prima.	37
Figura 8. Diagrama de mezclado en máquinas Banbury (Tomado de Friedenthal, 2013).	40
Figura 9. Dibujo conceptual del moldeo por extrusión.	44
Figura 10. Preparación de bitumen.	49
Figura 11. Mezcla del caucho en la máquina Banbury.	50
Figura 12. Pre-compound terminado.	51
Figura 13. Análisis FODA de la investigación.	53

Tabla 1: Análisis de costos	17
Tabla 2. Principales polímeros derivados del caucho (tomado de Beliezky & Fajen, 2019).....	19
Tabla 3. Ejemplos de procesos de extrusión.	22
Tabla 4. Ejemplos de pruebas realizadas a los compuestos.	28
Tabla 5. Ejemplo de una formulación con el método PHR.....	36
Tabla 6: Pruebas a materias primas	38
Tabla 7: Pruebas a la mezcla.....	41
Tabla 8. Breve diseño de fórmula.	46
Tabla 9: Semáforo de pruebas.....	47
Tabla 10. Resultados de pruebas de bitumen.	47
Tabla 11. Resultados de pruebas al relleno.....	48
Tabla 12: Semáforo de pruebas.....	52
Tabla 13: Resultados de pruebas en México	52
Tabla 14: Resultados de pruebas en corporativo.....	52



DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACION

En mi calidad de ASESOR y después de haber analizado el trabajo de titulación de:

FLORES	ANAYA	RUBÉN
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre (s)

Quien cursó la Maestría en Ingeniería con reconocimiento de validez oficial de estudios de la Secretaría de Educación Pública según acuerdo número 2007575 de fecha 29 de junio 2006 y presenta el trabajo titulado

“DESARROLLO Y APROBACIÓN DE PRE-COMPUESTO PARA MATERIAL DE RIGIDEZ AUTOMOTRIZ”

de conformidad a la modalidad de titulación: Tesina

Manifiesto que reúne los requisitos que obligan los reglamentos en vigor, para ser presentado ante el Honorable jurado del Examen Profesional

Aguascalientes, Ags., 21 de noviembre de 2021.

Vo.Bo.



Dra. Julieta Domínguez Soberanes

No. Cédula profesional 3298783

1. ABSTRACT

Currently it is estimated that 1 in 10 cars sold in the United States, the largest country consuming of these, is manufactured in Mexico. Hence, the level of competition increases every day, and those suppliers look for alternatives to save production costs and therefore reduce the costs of their products so that their customers choose to do business with them.

In addition, new regulations in international trade are putting the transportation of raw materials at risk and increasing their cost, putting at risk that current projects do not generate profits or that new business opportunities are not profitable for the company.

Therefore, the company has decided that it will seek to locate the pre-compound that it currently buys from a branch of the company that resides in Asia. However, due to new laws in both Mexico and some Asian countries the sales costs increased 30% of some materials, and that is why the need has arisen to evaluate the viability of creating another material based on a series of resistance tests that demonstrate its effectiveness.

This thesis deals with the development of this pre-compound, the pertinent tests that are required in accordance with our quality standards and customer requirements were carried out in order that the material complied with the specifications.



2. RESUMEN

Actualmente se estima que 1 de cada 10 autos vendidos en Estados Unidos, país mayor consumidor de estos, es fabricado en México. De aquí viene que el nivel de competencia aumenta cada día y que los proveedores buscan alternativas para economizar los gastos de producción y por lo tanto reducir los costos de sus productos para que sus clientes opten por hacer negocio con ellos.

Además, nuevas regulaciones en el comercio internacional están poniendo en riesgo la transportación de materias primas e incrementando el costo de estas poniendo en riesgo que los proyectos actuales no generen utilidad o que las nuevas oportunidades de negocio no sean redituables para la compañía.

Es por esto por lo que la empresa ha decidido que buscará localizar el pre-compuesto que actualmente compra desde una sucursal de la compañía que radica en Asia pero que por nuevas legislaciones tanto de México como de algunos países asiáticos que han incrementado los costos de venta en un 30% de algunos materiales, y es por esto por lo que ha surgido la necesidad de evaluar la viabilidad de crear otro material basado en una serie de pruebas de resistencia que demuestren la efectividad de éste.

El trabajo de esta tesina trata sobre el desarrollo de este pre-compuesto, se realizaron las pruebas pertinentes que se requieren de acuerdo con nuestros estándares de calidad y requerimientos de cliente, y donde el material en efecto cumplió con dichas especificaciones.



3. INTRODUCCIÓN

México se ha convertido en un pilar importante en la industria automotriz, desde la llegada de algunas OEM (Fabricantes de equipos originales), hubo también un crecimiento exponencial de las empresas llamadas Tier, que son llamadas así a las empresas que se dedican a proveer componentes a las armadoras automotrices (Hirata, 2013). La producción y exportación mexicana de vehículos ligeros registran crecimientos a doble dígito en agosto de 2022. La industria continúa superando los desafíos en las cadenas de suministro globales. La creciente incertidumbre económica y la inflación persistente moderan la demanda de los consumidores en los mercados de destino de las exportaciones. Aunque la cifra de agosto todavía está por debajo de los niveles de 2019, la producción de vehículos liga dos meses consecutivos con incrementos anuales a doble dígito, mientras que la exportación continúa recuperándose a paso moderado. Las ventas internas mostraron una considerable mejora en agosto y el acumulado de los primeros 8 meses ya supera el volumen del mismo periodo de 2021 (Diaz & Jimenez, 2022).

Uno de los motivos de que México se posicione en el 6to lugar de fabricación de automóviles es el hecho que tenemos como vecino del norte a Estados Unidos, cuyas ventas en 2020 se estiman que supere los 16 millones de unidades. Se estima que en Aguascalientes existen 40 empresas automotrices y otras 117 relacionadas con la proveeduría del sector (Corichi, 2020).



Actualmente un automóvil moderno se compone de alrededor de 60,000 hasta 90,000 partes (Revista turbo, 2019), haciéndolo realmente complejo. Tenemos desde la metalmecánica, piezas electrónicas, asientos, partes plásticas, partes de seguridad, etc.

4. HIPÓTESIS

Si se localizaran los materiales compatibles entonces: ¿se podría fabricar el contratipo similar al pre-compuesto que cumpla con los estándares del cliente y que pueda ser escalado a una fabricación de piezas en extrusión?

4.1 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Dentro del desarrollo de la investigación, tendremos varias interrogantes que podrían modificar el camino planteado en la metodología.

- ¿Se podrán encontrar todas las materias primas necesarias para desarrollar este prototipo?
- ¿El material cumplirá con todas las especificaciones necesarias para poder realizar este cambio?



5 JUSTIFICACIÓN

La empresa es fabricante de piezas automotrices con base hule/caucho y bitumen, cuya principal función es contribuir a la insonorización y amortiguamiento de sonido, pero hay algunas excepciones donde también se fabrican partes para otorgar rigidez en áreas clave de los autos (Figura 1).

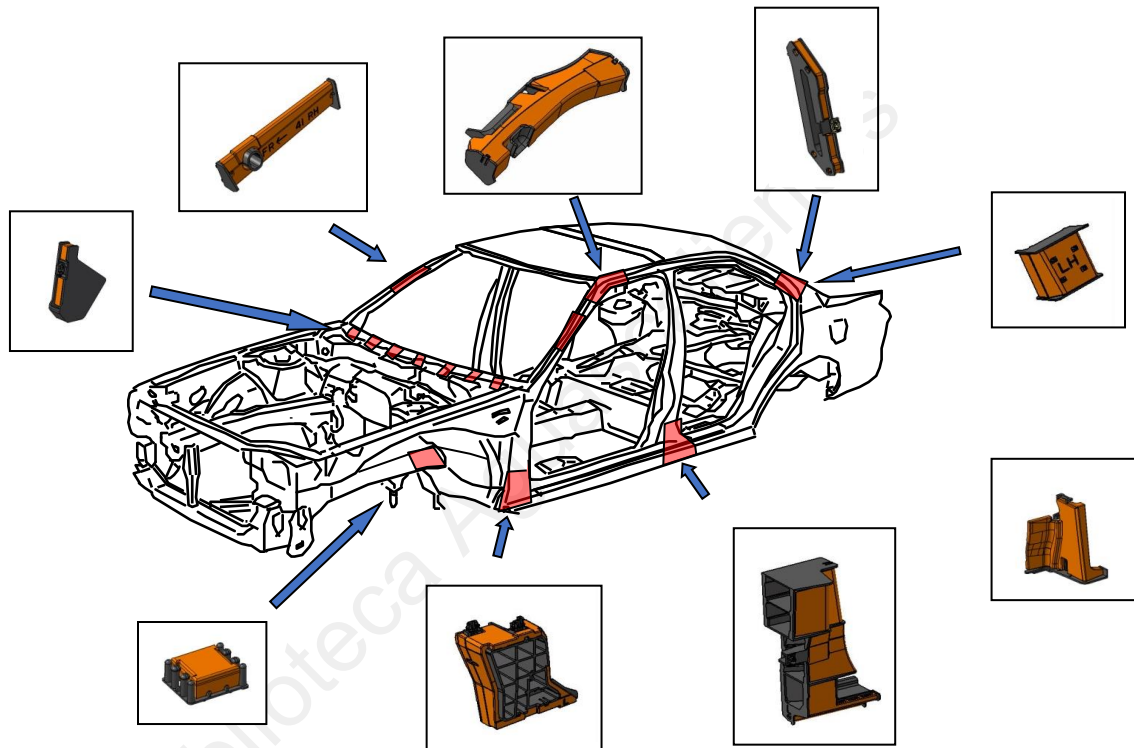


Figura 1. Ejemplos de colocación de piezas de rigidez en auto tipo sedán.

Uno de los materiales que se fabrican en la compañía para otorgar rigidez al cuerpo del automóvil es el compuesto de rigidez, cuya patente pertenece a la empresa. Se trata de compuesto o compuesto como se define en la industria automotriz que tiene base de hule y bitumen más combinación de varios aditivos que hacen que el material vulcanice y después de meterse a curar en el proceso llamado e-coat en los hornos de las ensambladoras el material tiende a hacerse



rígido y dar soporte en áreas que son propensas a deformarse en accidentes viales, choques o “recargones”.

En la Figura 2 podemos observar el impacto positivo que tiene el compuesto en cuanto a la rigidez que otorga a un panel de metal

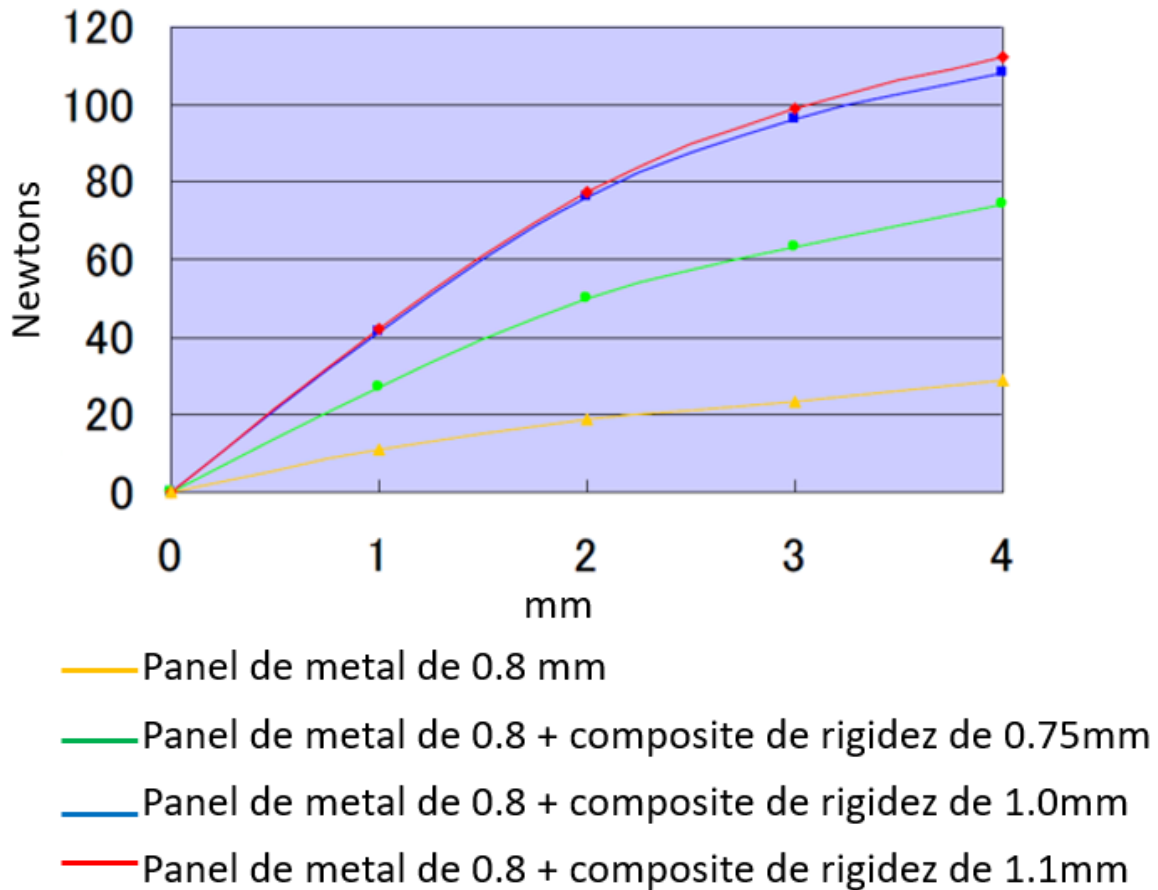


Figura 2: Gráfica de comparaciones con compuesto de rigidez, siendo la fuerza necesaria en Newtons para doblar un panel de metal en mm.

De acuerdo con los cambios de la normativa fiscal del país de donde se compra actualmente el pre-compuesto y, en concreto el *Revenue Code* o código tributario, las empresas están sujetas al Impuesto sobre Sociedades que grava las ganancias corporativas (Halla-Villa Jiménez & Cartoixa, 2011).



Por lo que hasta el año en curso se incrementarán tarifas de costo en cualquier material que adquiramos de nuestra empresa hermana, incrementando alrededor de 30% el pre-compuesto, y por ende también incrementa los costos del compuesto que fabricamos aquí, el compuesto de rigidez. A continuación, el análisis de costos (tabla 1):

Tabla 1: Análisis de costos

Pre-compuesto

#	TAX	Contendor	Precio de pre-compuesto (USD/kg)	Impuesto (USD/kg)	Pre-compuesto Total Costo (unidades)
1	Actual				1
2	Actual más 30%	20ft (2.59h x 6.06l x 2.43a)	5.14	0.25	1.3

Inclusive, se busca también con el cambio de lugar de manufactura reducir el costo actual y así abrirnos la oportunidad a nuevos negocios.



6 MARCO TEÓRICO

A continuación, estaremos explicando las generalidades de los materiales que se utilizan en la industria automotriz.

6.1 Generalidades

A continuación, se presentan algunos términos básicos de las estructuras de los componentes de un polímero, los cuales son moléculas cuyo tamaño (o peso molecular) está en el rango de varios miles de veces mayor que sustancias simples, como el agua, el amoníaco o el alcohol etílico. Si representamos con la letra “M” a la unidad antes mencionada que se reporta, como monómero se puede esquematizar así:



Siendo un polímero lineal, en la cual las unidades menores se ordenan en una larga cadena, que se denomina cadena principal (Friedenthal, 2013).

6.2 Tipos principales de caucho

En la industria del caucho se utilizan básicamente dos tipos de caucho: el natural y el sintético, como se puede apreciar en la Tabla 2. Este último obtenido a través de diferentes polímeros, sirve para la fabricación de una gran variedad de productos. El caucho natural se produce principalmente en el sudeste asiático, mientras que el sintético procede en su mayoría de países industrializados (Beliezky & Fajen, 2019).



Tabla 2. Principales polímeros derivados del caucho (tomado de Beliezky & Fajen, 2019).

Tipo de caucho / elastómero	Propiedades	Usos comunes
Caucho natural	Es un material que no resiste los aceites, incrementa su tamaño con los disolventes; no resiste el O ₂ , O ₃ , ni luz ultravioleta	Llantas, soportes elásticos, burletes, acoplamientos, soportes de puentes, zapatos, mangueras, conveyors, productos moldeados, revestimientos, rodillos, guantes, condones, adhesivos, tejidos de fondo para alfombra, hilos, espuma
Polisopreno (IR)	Usos: caucho natural y sintético	Véase Caucho natural (párrafo anterior)
Estireno-butadieno (SBR)	Este material sustituyó al caucho natural durante la Segunda Guerra Mundial; tiene una baja resistencia a los aceites y solventes	Llantas (75%), conveyors, esponjas, productos moldeados, zapatos, mangueras, recubrimientos de rodillos, adhesivos, productos impermeables, forros de alfombra de látex, productos de espuma.
Polibutadieno (BR)	Tiene una baja resistencia al aceite y disolventes, no resiste la intemperie, una alta resiliencia, resistente a la abrasión y es flexible a bajas temperaturas	Llantas, zapatos, conveyors, correas de transmisión, pelotas de juguete.
Butilo (IIR)	Poco permeable a los gases, resistencia al calor, ácidos y líquidos polares; no resiste a los aceites y disolventes; resiste moderadamente a la intemperie.	Interior de tubos, cámaras de vulcanización de llantas, calafateo y selladores, aislamiento de cables, anti-vibraciones, revestimiento protector de estanques y membranas para tejados.
Etilenpropileno / Etilenpropileno-dieno	Es flexible a bajas temperaturas; resiste la intemperie y el calor, no resistente a los aceites y disolventes; excelentes propiedades dieléctricas.	Recubrimientos de cables; desfibradores; productos moldeados; juntas aislantes; recubrimientos para silos, tejados, estanques, zanjas y vertederos controlados
Policlonopreno (CR) (neopreno)	Resistente a aceites, fuego y calor en la intemperie.	Recubrimiento de cables, mangueras, conveyors, zapatos, impermeables, tejidos recubiertos y productos inflables, adhesivos, soportes de puentes, revestimientos, juntas de esponja, productos de espuma de látex.
Nitrilo (NBR)	Resiste los aceites y disolventes; salvo con	Sustancias cubridoras, recubrimientos y juntas para



	disolventes polares como las cetonas.	mangueras resistentes a combustibles, cornisas de rodillos, conveyors, suelas de zapatos, guantes, adhesivos, equipo de perforación para pozos petrolíferos.
--	---------------------------------------	--

6.2.1 Máquinas Banbury

Para la elaboración de caucho se utilizan en su mayoría las máquinas tipo Banbury, cuyo nombre proviene de Fernley H. Banbury, recibió la patente original en el 2 de octubre de 1916 y dejando a un lado todos los cambios y mejoras que ha tenido a lo largo de los años, el concepto básico de alimentarlo con caucho, mezclar y producir productos aceptables que funcionan en muchas aplicaciones, sigue vigente (Meyer, 2016).

6.2.2 Vulcanización:

La vulcanización es el tratamiento en el que se realiza el encadenamiento transversal de las moléculas del elastómero, a través del cual el hule se vuelve más rígido y resistente, reteniendo su extensibilidad. Anteriormente el proceso tomaba alrededor de 5 horas, pero ahora se utilizan aceleradores como el óxido de Zinc, ácido esteárico con azufre en menor cantidad para acelerar el tiempo a 20 minutos (Contreras *et al.*, 2018).



6.3 Formado de materiales

Este grupo de procesos abarcan aquellas transformaciones de materiales en donde se requiere la aplicación de fuerza, presión y/o velocidad para llevar a cabo la deformación y/o cambio de forma del material como se puede observar en la Figura 3. Para los materiales poliméricos se pueden citar los procesos de extrusión, recubrimiento, moldeo, termoformado, inyección, soplado, entre otros (Contreras *et al.*, 2018).

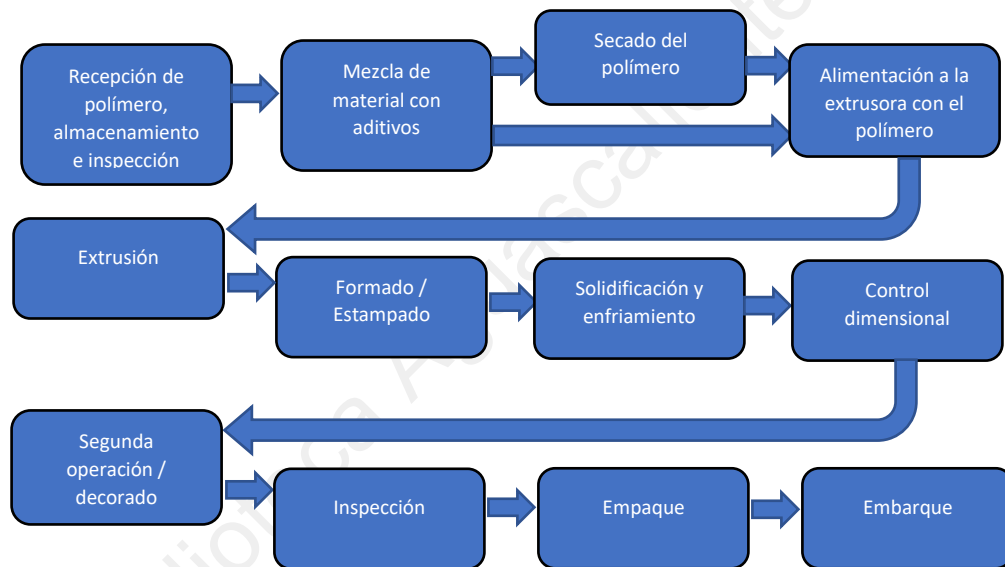


Figura 3. Proceso de extrusión desde la recepción del polímero hasta el embarque a cliente.

La extrusión es por mucho el más importante y probablemente el proceso más viejo de transformación y de formado para polímeros termoplásticos. El desarrollo de una lámina simple de extrusión empezó en los 1880's inicialmente con caucho y posteriormente con polímeros en 1940. Ahora es primordial para hacer partes terminadas o semi-terminadas que pueden llevar una segunda transformación. Este proceso incluye en derretimiento y homogenización de



materias primas, después de bombea el polímero a través de un dado o dentro un molde (para el caso de inyección) algunos ejemplos se pueden observar en la Tabla 3 (Lafleur & Vergnes, 2014).

Tabla 3. Ejemplos de procesos de extrusión.

Proceso	Ejemplos de productos	
Extrusión de perfil	Tubería, marcos de ventanas y revestimientos exteriores	
Extrusión/calandrado	Revestimientos de paredes y pisos, manteles	
Soplado de película	Bolsas, papeles para empaque, etc.	
Extrusión – moldeado por soplado (de cuerpos vacíos)	Botellas de refresco y agua, contenedores de gasolina y tanques	



6.4 El Bitumen

El bitumen es un producto semi-sólido extremadamente pesado de la refinación del petróleo, compuesto de hidrocarburos pesados, utilizado para construcción de caminos y para impermeabilización de techos. (Fernández Garrido, 2016). El bitumen incluye una amplia variedad de materiales marrones rojizos a negros semisólidos, es un material de alto punto de ebullición (350°C) (Speigth, 2013).

Un tipo de bitumen es aquel que es grado pavimento, es el más utilizado para ingeniería de caminos e industria específica, se obtiene por el refinamiento del petróleo. Además, existe aquel bitumen que es modificado con polímeros, para satisfacer las necesidades de los clientes; comúnmente se utilizan SBS, PBD y EVA. A nivel industrial sólo abarca un 20% de su consumo mundial, y su principal uso es para hacer a prueba de agua los techos de algunos hogares, pero también se ha utilizado como anti vibradores y mejoras las propiedades de sellos e insonorizantes (BP Bitumen, 2015)

6.5 El automóvil

Los coches forman parte de nuestra vida diaria, según un estudio realizado en el 2016, pasamos unas 25,000 horas conduciendo, que representan aproximadamente 3 años de nuestra vida. El coche es nuestro medio de vida, pues gracias él podemos realizar una vida social plena, gracias a él podemos acceder a nuestro medio de vida social plena, acceder al trabajo y en ningún



momento podemos prescindir de este medio de locomoción (Lucendo , Manual técnico del automovil - diccionario ilustrado de las nuevas tecnologías, 2019).

La definición de automóvil más genérica se refiere a un vehículo autopropulsado destinado al transporte de personas o mercancías sin necesidad de carriles. El primer automóvil con motor de combustión interna se atribuye al ingeniero alemán Karl Benz, el primer viaje largo lo realizó su esposa en 1888 con una distancia de 105km a una velocidad de 20km/h (Lucendo, 80 siglos de invenciones - diccionario de los inventos, 2019).

6.5.1 Seguridad en el automóvil

Con respecto a la seguridad en el automóvil cabe decir que hay 2 tipos:

*Seguridad activa: La componen aquellos elementos que ejercen su función mientras el vehículo está circulando y pueden ser manejados a voluntad del conductor y cuya función esencial es “evitar el accidente”

*Seguridad pasiva: Aquellos elementos que sólo desarrollan su función en el momento del accidente, contribuyendo a paliar las consecuencias del mismo (disminuyendo los daños materiales y personales).

Joseph Nicolas Cugnot fue el primero en aplicar el vapor al automóvil con buenos resultados. En 1769, la primera prueba de su Fardier, un mastodóntico vehículo, acabó estrellándose contra un muro del arsenal de París cuando Cugnot paseaba orgulloso a 3'5 km/h. Fue un día para la historia: el primer automóvil... y el primer accidente de tráfico con vehículo motorizado (Toledo et al., 2020).



6.5.1.1 *Crash test*

Desde hace ya algunos años, es obligatorio que los nuevos vehículos, antes de recibir la autorización para su comercialización, sean sometidos a pruebas de impacto que simulan un accidente, con el fin de evaluar en conjunto el comportamiento del vehículo y las posibles lesiones que pudieran sufrir los ocupantes de este. Su objetivo no es otro que asegurar que los vehículos que se fabrican y salen al mercado son lo suficientemente seguros para sus ocupantes y que, en caso de accidente, se minimice el riesgo de lesiones (Lucendo , Manual técnico del automovil - diccionario ilustrado de las nuevas tecnologías, 2019).

6.5.1.2 *Impacto frontal*

Prueba perteneciente al Crash Test. Regulado por la directiva europea 96/27/CE, el impacto se realiza con dos maniquíes o «dummies», en los asientos delanteros con los correspondientes sistemas de retención, dotados de sensores para medir las fuerzas y aceleraciones a que se ven sometidas en un impacto diversas partes del cuerpo cabeza, cuello, tórax, fémur y tibia. El vehículo es lanzado contra un muro, de, al menos, 70 Tm, dotado de una estructura deformable de aluminio con una configuración de panel, a una velocidad de 56 km/h, e impacta sobre el 40% de su superficie frontal, en el lado del conductor. Los requisitos que debe superar el vehículo y los maniquíes en el impacto frontal son El desplazamiento del volante no será superior a 50 mm hacia arriba ni a 100 mm hacia atrás. No deberá abrirse puerta alguna ni accionarse los sistemas de bloqueo de las puertas delanteras. Después de la colisión, debe abrirse, sin



empleo de herramientas, al menos una puerta por fila y poderse liberar a los maniqués de sus dispositivos de retención, aplicando una fuerza máxima de 60 N sobre el mando de apertura, así como extraerlos del interior sin ajustar los asientos. Sólo se permitirán pequeñas fugas de combustible. Los movimientos de flexión sobre el cuello, la compresión sobre el tórax, el fémur, la tibia y el desplazamiento de la articulación de la rodilla no superarán unas medidas establecidas (Lucendo , Manual técnico del automovil - diccionario ilustrado de las nuevas tecnologías, 2019).

6.5.1.3 Flexión lateral

Se produce cuando el vehículo recibe un impacto lateral en su parte frontal, central o trasera, ocasionándose una deformación de su eje longitudinal y un desalineamiento de la estructura. Si el golpe tiene lugar en dirección perpendicular al lateral del vehículo y en su volumen central, se produce una deformación conocida como “efecto banana”, este tipo de daños es uno de los más complicados en reparar ya que los elementos que se encuentran en los laterales del habitáculo son los más rígidos debido a que son los que conforman la zona que debe de ser la más segura para proteger a las personas (Aguilar, 2017).



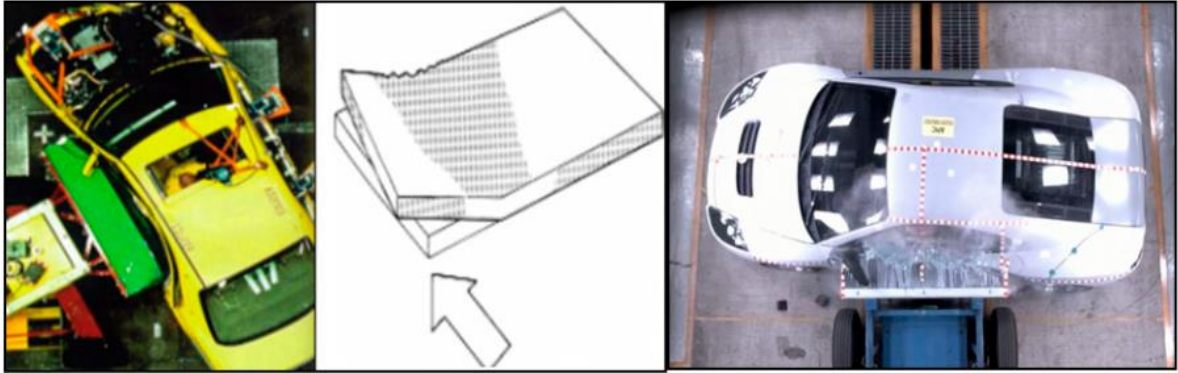


Figura 4. Pruebas de flexión lateral (tomado de Aguilar, 2017).

Abolladuras: Normalmente se producen como consecuencia de golpes con una fuerte compresión; se trata del hundimiento de la chapa metálica formando zonas cóncavas y convexas. Estas marcas también suelen observarse cuando los daños son inducidos, denominándose entonces abolladura refleja (Toledo et al., 2020).

6.5.2 Análisis de elemento finito

La manera física o química en que un elemento se degrada se denomina modo de falla, hace referencia a la forma en que la pieza se agrieta, distorsiona, cambia de dimensiones, etc. Las fallas por deformación o distorsión se presentan, si bajo la acción de las cargas de una pieza cambia su geometría de manera permanente, o si deformación elástica no es la esperada, bien sea por muy elevada o por muy baja.

Es una deficiencia del material cuando el elemento, equipo o estructura es incapaz de soportar las cargas, deformaciones y medio ambiente para los cuales fue concebido, debido a que el material en el cual fue construido no posee la



resistencia que especificó el diseñador (Espejo Mora & Hernández Albañil, 2017).

6.6 Desarrollo de materiales automotrices

6.6.1 Compuestos

Estructura compuesta por varios materiales sintéticos que se acoplan formando un conjunto altamente resistente a los esfuerzos en varias direcciones. Permite reducir el peso con respecto a aluminio en torno al 20% y absorbe mejor la energía que el acero o el aluminio. Su inconveniente es la necesidad de modificar los procesos productivos por estampación y soldadura al moldeo y pegado con productos especiales, además de tener un reciclaje más complejo (Lucendo , Manual técnico del automovil - diccionario ilustrado de las nuevas tecnologías, 2019).

6.6.2 Pruebas generales a materiales

En la Tabla 4, se muestran algunos ejemplos de pruebas que generalmente se realizan a los compuestos.

Tabla 4. Ejemplos de pruebas realizadas a los compuestos.

Prueba	Descripción
Dureza	Es la propiedad más ampliamente ensayada y está definida como la resistencia de penetración de una punta rígida, bajo condiciones específicas. Es la resistencia de la superficie de un material y se relaciona con la resistencia al desgaste de los materiales. Los materiales duros corroen a los materiales más débiles y duran más (Friedenthal, 2013) & (Newell, 2021).
Tracción	Los ensayos de tracción ofrecen una riqueza de información acerca del material. Éste consiste en someterá una probeta a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de esta. Y aunque en las piezas de caucho se usan muy poco bajo esfuerzos de extensión, su medición es muy usada para saber la calidad del compuesto. Es también una propiedad



	<p>muy sensible a errores de proceso, principalmente en las operaciones de pesado, mezclado y vulcanización. Las probetas se montan en un dinamómetro o máquina universal, en mordazas que aseguran la distribución uniforme de las tensiones (Friedenthal, 2013; Newell, 2021).</p>
Compresión	<p>Es un análogo directo para el ensayo de tracción, pero en lugar de separar la muestra, ésta se sujeta a una carga aplastante, esta prueba generalmente sólo se utiliza cuando el material debe soportar grandes fuerzas de compresión (Newell, 2021).</p>
Ensayo de plegado	<p>Los materiales muy frágiles no soportan el ensayo de tracción y se fracturan en las abrazaderas de la máquina universal y muchas muestras también fallan a niveles muy bajos de deformación, así que se usan ensayos de plegado. Este ensayo en lugar de tener 3 puntos de fuerza, como la prueba de flexión; utiliza 4 puntos, es funcional para materiales como la cerámica. (Newell, 2021).</p>
Ensayo de fluencia	<p>Se refiere a la deformación plástica del material expuesto a una tensión continua con el paso del tiempo. (Newell, 2021).</p>
Ensayo de impacto	<p>La tenacidad se refiere a la resistencia del material a un golpe y se mide a través de un ensayo de impacto. Un péndulo o martillo se suelta y su energía potencial almacenada se transforma en energía cinética, golpeando la muestra. Posteriormente el martillo se eleva hacia el otro lado del arco hasta detenerse a cierta altura. Si el martillo no encuentra resistencia en su camino, las alturas inicial y final serán las mismas (Newell, 2021).</p>
Resistencia al desgarre	<p>Esta propiedad está vinculada a la energía necesaria para la propagación de una grieta en la ruptura por fatiga mecánica. Esta energía es una característica del material y es independiente de la geometría de la pieza o la probeta. Técnicamente hablando, desgarre implica la rotura de una probeta de determinadas dimensiones a partir de una discontinuidad. (Friedenthal, 2013).</p>
Fatiga	<p>Puede definirse como cualquier cambio en las propiedades de un compuesto cuando es sometido a la acción prolongada de esfuerzo mecánicos intermitentes, principalmente de flexión. Generalmente estas sollicitaciones cíclicas producen en el compuesto la iniciación y propagación de grietas que pueden llevar a la rotura catastrófica de la pieza de goma. (Friedenthal, 2013).</p>
Abrasión	<p>Aumentar la resistencia a la abrasión o al desgaste ha sido uno de los problemas más importantes de la industria del caucho, principalmente la del neumático. Un análisis de las razones por las cuales los neumáticos finalizan su vida útil, derivado de ensayos efectuados en miles de ejemplares, ha demostrado que aproximadamente en el 75% de los casos las causas se atribuyen al desgaste de la banda de rodamiento.</p>



	<p>La abrasión de un compuesto es un complejo fenómeno que está estrechamente vinculado a una serie de procesos combinados (mecánicos, térmicos, químicos) influyendo, obviamente además de la formulación, el diseño y los métodos de fabricación utilizados para elaborar el artículo (Friedenthal, 2013).</p>
--	--

6.7 Procesos de manufactura automotriz

OEM (armadoras), que es un término muy utilizado últimamente, sobre todo en la industria automotriz. Se refiere a los fabricantes de equipo original **“Original Equipment Manufacturer”**, en inglés, y también, al ensamble de los componentes del vehículo (Lucendo , Manual técnico del automovil - diccionario ilustrado de las nuevas tecnologías, 2019). El área productiva de las OEM se divide principalmente en 2 procesos: Pintura y ensamble de componentes.

6.6.1 Pintura por cataforesis

Proceso electroquímico que se utiliza en los tratamientos anticorrosión de las carrocerías de chapa. También conocido como fosfatación. La carrocería es sumergida en un líquido formado por fósforo y sometida a una tensión positiva. Se aplica una tensión negativa sobre la carrocería, lo que atrae a las partículas de fósforo de manera uniforme sobre la carrocería, accediendo a todos los rincones (Lucendo , Manual técnico del automovil - diccionario ilustrado de las nuevas tecnologías, 2019).

6.8 Normativa automotriz

La incorporación de las normas ISO es cada vez más abundante en organizaciones dedicadas a cualquier fase de la cadena de suministro de automóviles. Este hecho ha provocado la necesidad de adaptar las Normas



Internacionales del sector automotriz. Para ello, se han creado varios comités técnicos que han generado más de 700 normas y actualizaciones en referencia a varios aspectos imprescindibles a la hora de poner en circulación un vehículo (ISO Tools Excellence, 2013).

La norma IATF 16949 es la especificación técnica global y norma de gestión de la calidad para el sector automotriz. Está basada en la ISO 9001:2015 y reúne las normas de sistemas de calidad existentes para este sector en Europa y Estados Unidos, describe todo lo que se necesita saber acerca de cómo lograr las mejores prácticas al diseñar, desarrollar, fabricar, instalar o dar servicio a todos los productos relacionados con los automóviles (The British Standards Institution, 2021).

6.9 Negocio de los materiales

La industria del caucho ha incrementado su consumo, tanto por su menor costo en comparación a otros materiales, así como por el esfuerzo de la industria por desarrollar materiales que satisfagan los altos estándares de calidad exigidos por la industria. De acuerdo con Porter, la competitividad está determinada por cuatro atributos fundamentales, y la manera como interactúan permiten identificar el carácter innovador de una organización. Los cuatro atributos son: 1) condiciones de la demanda, 2) industrias conexas, 3) industrias de apoyo y 4) la estrategia. La estructura y rivalidad de las empresas de la misma actividad económica y en lo que tiene que ver directamente con la temática de este trabajo, los factores de éxito para el sector (Restrepo *et al.*, 2015).



6.9.1 Economía Circular

Los actuales sistemas de producción y consumos humanos por efecto de la globalización han supuesto un incremento en la oferta y la demanda de los recursos y, por ende, una mayor producción y mayor consumo de estos, a este reto debe enfrentarse toda la Comunidad Internacional. De esta forma, desde hace un tiempo, en el seno de las organizaciones internacionales se están buscando alternativas para poder hacer frente a estos retos y, entre todas las exploradas, parece ser que la respuesta más efectiva radica en el fenómeno que conocemos como “Economía circular” (Belda Hériz , 2018).

6.9.2 Nuevos impuestos

La compañía exporta e importa sus materiales a sus diferentes sedes en varias partes del mundo, por ejemplo, EEUU, Japón, China, etc. donde los diferentes tratados permiten una sana comercialización, pero en el caso del país donde se compra el pre-compuesto ahora se tiene un sistema clásico de tributación y las entidades no residentes y no registradas en este país están sujetas a un tributo por la renta mundial obtenida gravada de los beneficios de fuentes al país de origen. Un sistema de amortización de acuerdo con la vida útil del bien debe ser aplicado, yendo desde el 5% hasta el 100%, siendo 30% el más común, así como se puede observar en la Figura 5, del impuesto sobre sociedades (Halla-Villa Jiménez & Cartoixa, 2011).



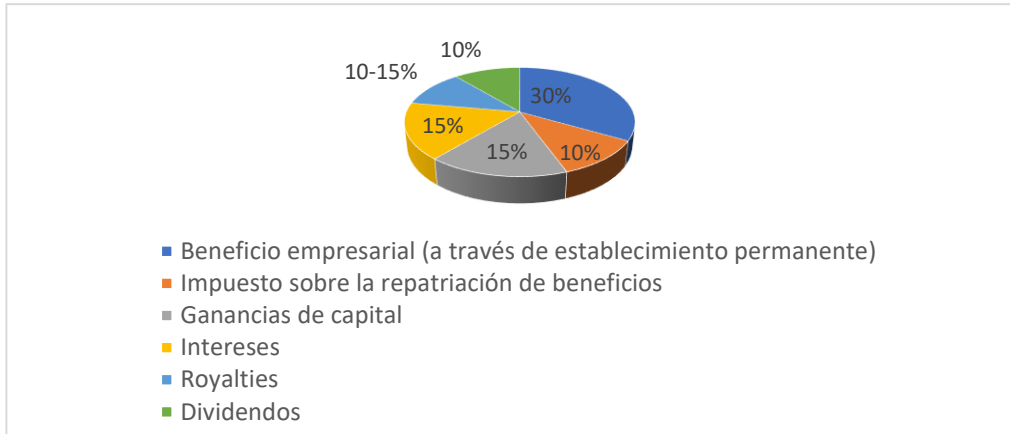


Figura 5: Tributación de impuestos que aplicarán a los materiales de exportación (Tomado de Halla-Villa Jiménez & Cartoixa, 2011).

Biblioteca Aguascalientes



7 OBJETIVO GENERAL

Fabricar un compuesto para automóvil mediante nuevos materiales basados en la patente de la empresa en Aguascalientes, México, a fin de lograr tener una alternativa al material existente, que debido al aumento de costos se está volviendo inaccesible. Este material de rigidez automotriz debe tener la misma calidad que la filial de la compañía.

7.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- 7.1.1 Identificar la fórmula utilizada en una filial extranjera.
- 7.1.2 Buscar materias primas contratipos a las utilizadas en la sucursal donde se compra actualmente el pre-compuesto.
- 7.1.3 Realizar pruebas a materias primas para ver si son compatibles.
- 7.1.4 Establecer las pruebas en la planta de México.
- 7.1.5 Realizar pruebas del compuesto de rigidez en México.
- 7.1.6 Establecer el tipo de pruebas de laboratorio y realizar algunas pruebas en laboratorios internacionales.
- 7.1.7 Realizar pruebas en la máquina extrusora.



8 METODOLOGÍA

Un compuesto es un conjunto de alrededor de diez materias primas o ingredientes que se vinculan íntimamente con el caucho durante la operación de mezclado. Además de los cauchos (principales materias primas de toda información), el resto de los ingredientes cumple diferentes funciones, que permitirán lograr, como resultado global, las propiedades y demás requisitos deseados para el compuesto (Lopes, *et al.* 2015).

La elaboración se realizará mediante las etapas establecidas en la

Figura 6:

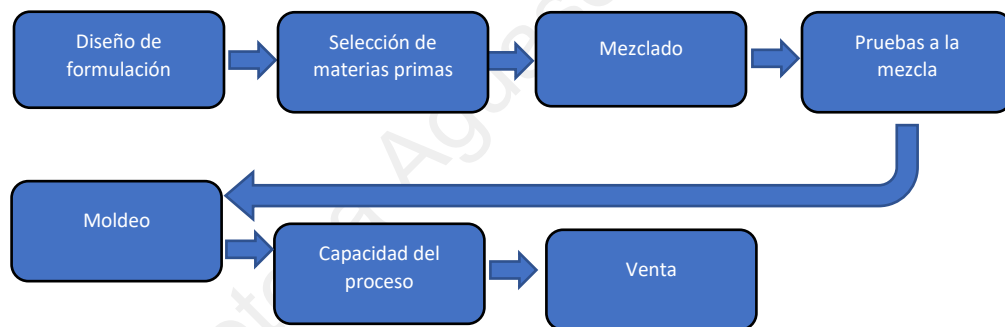


Figura 6: Metodología del desarrollo y evaluación del pre-compuesto

8.1 Diseño de formulación

Con el correr de los años, la competencia entre industrias que conlleva a la búsqueda inalcanzable de reducción de costos; así como, la escasez de materias primas demanda una condición adicional al método de ensayo y error tradicional, pues no siempre es posible para las industrias importar la materia prima exigida en la receta y se hace necesario modificar las fórmulas para incluir las características de la materia prima disponible (Ortega *et al.*, 2015).



Se denomina formulación al diseño de la composición del compuesto, teniendo en cuenta los requisitos que deberá afrontar el material, tanto en el proceso como en el servicio del artículo, una vez vulcanizado. Las proporciones relativas de cada ingrediente se expresan en unidades PHR “per hundred rubber” (Por cien de caucho), esto es, las partes en peso de cada uno de ellos relativa a 100 partes en peso del polímero o polímeros presentes en una formulación, justo como se observa en la Tabla 5 (Friedenthal, 2013).

Tabla 5. Ejemplo de una formulación con el método PHR.

Material	PHR
NBR (Nitrobutadieno)	100.0
N550 (Relleno)	60.0
DBP (Estabilizador)	12.0
ZnO (Estabilizador)	5.0
Estearina	1.5
Flectol H	1.0
Resina cumarona	1.2
MBTS (Acelerador)	2.3
TMTD (Acelerador)	2.0
Azufre (Agente vilcanizante)	0.3

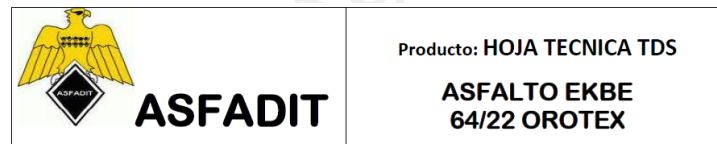
8.1.2 Selección de materias primas

De acuerdo con las descripciones de algunas propiedades físicas proporcionadas por el departamento de I+D de la compañía matriz, se procedió



a buscar los contratipos con los que se reemplazarán los materiales de la fórmula actual. Para esto se compartieron los nombres y cualidades de cada material, primeramente, con los proveedores actuales de otros materiales, esto nos ahorra los procedimientos referentes al sistema de gestión de calidad y también del departamento de finanzas, si estos proveedores no cuentan con dichos materiales entonces se procedió a ampliar la búsqueda con alguna herramienta de buscador por internet.

Se entiende por ficha técnica el documento en el cual dispone de información relativa a los productos como: datos del fabricante, número y nombre del material, breve descripción, normas de seguridad, etc. Es importante que contenga información fidedigna que aporte datos claros y exactos, así como en la Figura 7 (Pérez et al., 2020).



Como Asfalto Antiruido y Disipador de calor, el usuario deberá desarrollar su método de aplicación.

RENDIMIENTO:

- 1 a 1.5 kg/m² por capa.

PRESENTACION:

- Tambores de 200 Lts. (En frío).
- A granel en pipas. (En caliente).

DATOS TECNICOS.

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION	ASTM
Punto de ablandamiento	45 - 65°C	D-3686
Viscosidad Brookfield a 149°C	1000-1800 cps	D-4402-84
Penetración a 25°C	50 - 80 mm	D5-94
Flashpoint	Mayor a 210°C	D92-90
Densidad a 170°C	0.99 kg/Lts.	D-71

Figura 7. Ejemplo de ficha técnica de materia prima.



Un material que se vuelve clave es el bitumen, ya que se requiere un manejo especial que hace prácticamente imposible su transporte marítimo. El producto sale del tanque a una temperatura de 130°C y para su transporte generalmente es necesario mantener la temperatura del producto hasta la entrega o almacenamiento en tierra (Paredes, 2013).

8.1.3 Pruebas a materias primas

Tabla 6: Pruebas a materias primas

Tipo de Prueba a materias primas	Fundamento	Valores de referencia	Referencia
Penetración	Esta prueba se utiliza para medir la dureza o consistencia del bitumen, utilizando un penetrómetro Humbolt y una aguja estándar de 50 g	De acuerdo con la ASTM D5/D5M, los valores para la formulación deben oscilar entre 50-80 1/10 mm	(Paredes, 2013); (ASTM, 2020)
Punto de ablandamiento	Este es determinado por la temperatura a la cual el bitumen alcanza cierto punto de ablandamiento. El bitumen se calienta gradualmente hasta llegar al estado de fluido, sin llegar a ser su punto de fusión. El dispositivo es propio de la norma y se mandó a	De acuerdo con la ASTM D 36-95, los valores para la formulación deben oscilar entre 45-65°C	(American Society for Testing and Materials, 2022)



	maquinar con un externo		
Porcentaje de humedad	el relleno absorbe la humedad del compuesto y es por esto por lo que, al vaciarlo como materia prima, el material debe encontrarse “seco” para asegurar el mayor porcentaje de absorción en la formulación. Se utilizó una báscula para humedad marca Ohaus, modelo MB23.	El máximo permitido de humedad es de 1%, para que cumpla con su función requerida	Requerimiento interno de la fórmula
Tamaño de partícula	El tamaño correcto permite que el material se logre homogenizar correctamente y cubrir la mayor cantidad de volumen posible al pre-compuesto. La prueba se realizó en un tamizador Retsch modelo AS200.	El tamaño debe ser menor a 500 μ para que cumpla con la dispersión requerida	Requerimiento interno de la fórmula

8.2 Mezclado

Para el proceso de fabricación de elastómeros, se suele utilizar el malaxador o mezclador Banbury, donde se introduce la mezcla de caucho, negro de humo y otros productos químicos para obtener un material de caucho homogéneo. Por ejemplo, para la fabricación de caucho para neumáticos,



además se agregan activadores, antioxidantes, antiozonizantes, ceras para facilitar la extensión del caucho, vulcanizadores, pigmentos, plastificantes, arcillas para refuerzo y resinas, como se observa en la Figura 8 (Frederick, 2019).

Los químicos para la polimerización son elementos utilizados para el desarrollo de diversos elementos dentro de las industrias; de estos son los elastómeros. Un elastómero está hecho de polímeros que se unen por enlaces químicos; que, sin los enlaces cruzados, la tensión aplicada a un elastómero daría lugar a una deformación permanente, debido a ello el material se caracteriza por un alto alargamiento, flexibilidad y elasticidad, que ayuda a evitar que el material se agriete, se rompa o se rompa cuando se deforma (DVA, 2019).

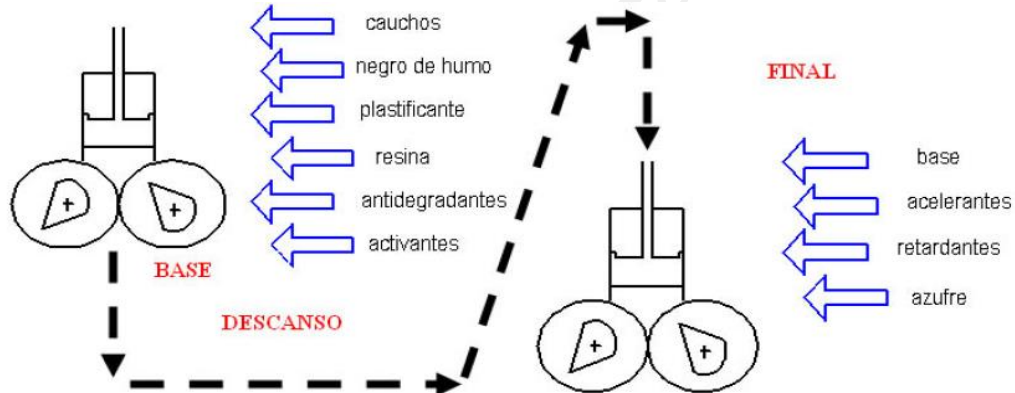


Figura 8. Diagrama de mezclado en máquinas Banbury (Tomado de Friedenthal, 2013).

Los materiales para mezclar se introducen a través de una tolva. Como se observa en la figura 8, un carnero empuja los materiales dentro de la cámara de mezcla. Dos rotadores contra rotativos proporcionan la acción de mezcla, al igual que los ganchos de doble masa. El lote mezclado se descarga a través de una abertura en el fondo de la cámara de mezcla al siguiente paso de procesamiento (NetinBag, s.f.).



8.3 Pruebas a la mezcla

Aunque la empresa esté certificada en IATF y cumpliendo con los estándares requeridos de calidad, hay ciertas normas especiales que requiere cada OEM y que varía dependiendo de las especificaciones técnicas primeramente en el dibujo de los números de parte. Estas normas pueden abarcar: Seguridad, medio ambiente, ergonomía, ingresos, métodos de ensayo, nuevas tecnologías, etc.

Tabla 7: Pruebas a la mezcla

Tipo de Prueba a la mezcla	Fundamento	Valores de referencia	Referencia
Penetración	Al ser un material de base bituminosa, también se procede al realizar la misma prueba que se hizo a la materia prima de bitumen, aunque con diferentes rangos, dando como resultado que estuviera dentro de las especificaciones del corporativo.	50-65 1/10mm	Requerimiento interno de la fórmula
Gravedad específica	Esta propiedad está relacionada directamente al peso que tendrá la pieza terminada, se realiza con el fin de cumplir los estándares de los clientes, que	1.45-1.60	Requerimiento interno de la fórmula



	buscan fabricar vehículos cada vez más ligeros.		
Dobaldo o Bending	Esta es prácticamente la que demuestra la principal característica del material que es la rigidez. Se coloca la muestra a modo de sándwich entre 2 paneles de metal y después se procede a hacer la prueba de doblado en 3 puntos, utilizando una máquina universal y herramental fabricado especialmente para esta prueba.	35-40N	Requerimiento interno de la fórmula
Expansión	Es otra de las características críticas, pues el material tiene una propiedad de aumentar su tamaño mínimo 3 veces, esto con el fin de rellenar claros existentes entre 2 paneles de metal en el automóvil, además de proporcionar cierto amortiguamiento a las vibraciones.	3 veces <	Requerimiento interno de la fórmula



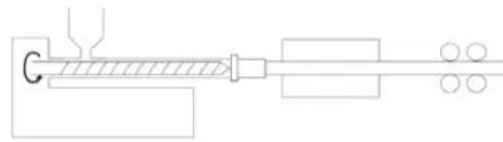
Se extruye el material para darle forma al producto a fin de que cumpla con las dimensiones y propiedades requeridas.

La extrusión de materiales poliméricos para producir productos terminados para la industria es un proceso integrado. En algunas aplicaciones las líneas de producción son bastantes largas con numerosas aplicaciones, requiriendo operadores que trabajen juntos y se comuniquen para producir un producto terminado aceptable (Giles & Wagner, 2013).

Se trata de un proceso de conformado muy utilizado para materiales termoplásticos, los cuales sufren una elevación de la temperatura y mediante un embolo son obligados a pasar a través de una boca que determina su forma (Barroso Herrero, 2013).

Se utiliza la máquina extrusora para extruir continuamente el material hacia el molde, como se observa en la figura 9. Su característica es que la forma del corte del producto sale igual por donde se corte (Hernández Herrera, 2020).





Dibujo conceptual del moldeo por extrusión

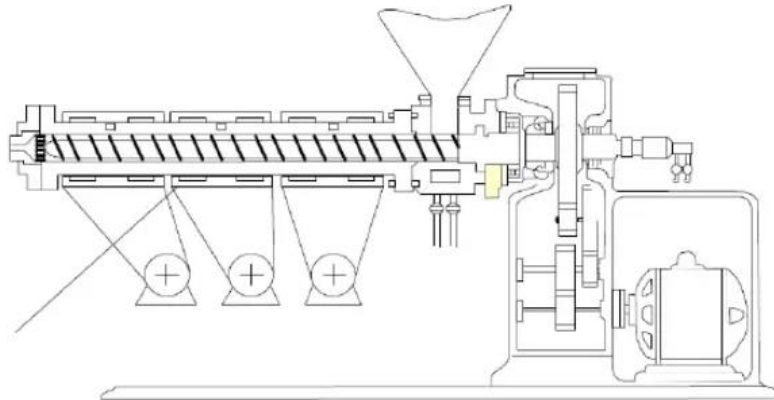


Figura 9. Dibujo conceptual del moldeo por extrusión.

8.5 Capacidad del proceso

Aquí se revisa si el proceso es capaz de producir las partes con estabilidad en su calidad, además si el material cumplirá con las dimensionales requeridas.

La capacidad de un proceso (C_p) es la aptitud de un producto para que cumpla con los límites de especificación determinadas. En el mejor de los casos, es conveniente que los límites de fluctuación natural del proceso se encuentren dentro de los límites de especificación del producto. De esta manera, se asegura que toda la producción cumplirá con las especificaciones. Cuando el proceso no está centrado, se emplea el índice de capacidad unilateral (C_{pk}). Estos índices están pensados con el fin de reducir la variabilidad del proceso para cumplir con las especificaciones (Barbosa Correa, 2016).



Además, también se medirá el control de calidad; siendo las mediciones más importantes:

La funcionalidad. Que permite al cliente recibir un servicio o hacer uso del producto, precisamente con la función esperada.

Vida útil. El tiempo de duración efectiva que los clientes esperan del producto, el cual es dictado bajo los preceptos dictados por el fabricante. Es esencial en casi todos los productos y lo importante es cumplir o exceder esta expectativa.

Disponibilidad. Es la acción mediante la cual el cliente espera encontrar el producto siempre disponible (Acuña Acuña, 2012).



9 RESULTADOS

9.1 Identificar la fórmula utilizada

Mediante la cooperación entre el corporativo matriz y México, y por el método del PHR (por cien de caucho), se determinó la fórmula base para el pre-compuesto que se observará en la Tabla 8. Como se ha mencionado a lo largo de esta investigación, el material base está compuesto de caucho, además de agregar bitumen, el relleno es parte de las fórmulas debido a que cumple con la función de absorber la humedad del compuesto y sobre todo ayuda a que el compuesto tenga más rendimiento pues generalmente el relleno es un material más económico que aumenta la cantidad final del compuesto; sin comprometer sus propiedades. Por último, se añade material o materiales que son parte del secreto o propiedad intelectual que se maneja en la compañía, pero que van entre agentes vulcanizantes, aceleradores de vulcanización, estabilizadores y agentes de expansión.

Tabla 8. Breve diseño de fórmula.

Material	PHR (Por cien de caucho)
Hules sintéticos	35
Bitumen	10
Relleno	35
Secreto de compañía	20

9.2 Pruebas a materias primas

Se desarrollaron determinadas pruebas para poder conocer las características de las materias primas y así saber podrían ser utilizadas. Se estableció un semáforo de resultados, donde el color verde quiere decir que el material se



encuentra dentro de especificación y cumple con lo que requirió en la ficha, el amarillo significa que cumple con alguna de estas 2 condicionales y el rojo quiere decir que no cumplió con ninguno de los 2 requerimientos, como se puede observar en la Tabla 9.

Tabla 9: Semáforo de pruebas

	Dentro de especificación
	Dentro de especificación, pero con condicional
	Fuera de especificación

Inicialmente se hicieron comparaciones entre fichas técnicas de las materias primas para decidir de cuales materiales se iban a requerir las muestras para pruebas. Se tomó la decisión de realizar pruebas en México solamente al bitumen dado que es un material crítico (Tabla 10), para lo cual se aplicaron dos pruebas:

- Penetración
- Punto de ablandamiento.

Tabla 10. Resultados de pruebas de bitumen.

Pruebas a bitumen		
Prueba	Valores de referencia	Decisión
Punto de reblandecimiento	45-65°C	
Penetración	50-80 1/10mm	

Las otras pruebas se hicieron al material relleno, ver Tabla 11, debido a que su cantidad en la fórmula es alta; además de que aquí ya se cuenta con la capacidad de resguardarlo. Siendo las pruebas:

- Porcentaje de humedad



- Tamaño de partícula

Tabla 11. Resultados de pruebas al relleno.

Pruebas al relleno		
Prueba	Valores de referencia	Decisión
Porcentaje de humedad	<1%	
Tamaño de partícula	95%<500 μ	

Ambos materiales estuvieron dentro de la especificación ya también cumplen con lo que promete el proveedor en la ficha técnica. El resto de los materiales se aprobó en el laboratorio matriz del corporativo, dado que no se tiene el alcance aquí.

9.3 Pruebas en línea, México

Posteriormente se realizaron pruebas en la línea, a continuación, se muestra parte del proceso. Preparación del bitumen: Todos los materiales van prácticamente de su empaque a pesado y luego al proceso, en el caso del bitumen primero pasa del silo con temperatura a tambos y posteriormente con un dispositivo se vacía en cajas para hacer más simple su vaciado, como se puede observar en la Figura 10.





Figura 10. Preparación de bitumen.

Mezcla de hule sintético, para deshacer su forma de barra que viene desde fábrica, además con la fricción en el movimiento aumenta la temperatura y se hace más sencilla la homogenización de la mezcla al agregar los demás aditivos, dado que este pre-compound no lleva presión en el proceso porque el bitumen quedaría impregnado en toda la máquina Banbury, como se observa en la Figura 11.





Figura 11. Mezcla del caucho en la máquina Banbury.



Finalmente, como se observa en la Figura 12 el pre-compuesto terminado una vez que se combinan el hule con el bitumen, los demás aditivos y se mezcla de acuerdo con el proceso que ya se encuentra establecido y patentado por la compañía.



Figura 12. Pre-compuesto terminado.

9.4 Pruebas en laboratorio

Se realizan pruebas de laboratorio del compuesto ya terminado, tanto en México como en el corporativo. Nuevamente mostramos los resultados con un semáforo, el cual en esta ocasión el color verde representa que cumple con la norma del cliente y también con lo que se establece con la ficha técnica que se le entregó anteriormente, el amarillo significa que solo cumple con una de estas 2 condiciones y el color rojo es que no cumplió con ninguna.



Tabla 12: Semáforo de pruebas

Prueba	Valores necesarios	Decisión
Penetración	50-65 1/10mm	
Gravedad específica	1.45-1.60	
Doblado	35-40N	
Expansión	3 veces <	

Las pruebas para realizar fueron las siguientes. Los resultados se observan en la Tabla 13 y Tabla 14):

- Penetración
- Gravedad específica
- Doblado:
- Expansión:

Tabla 13: Resultados de pruebas en México




	Dentro de especificación
	Dentro de especificación, pero con condicional
	Fuera de especificación

Tabla 14: Resultados de pruebas en corporativo

Prueba	Valores necesarios	Decisión
Doblado	35-40N	
Expansión	3 veces <	





9.6 Análisis FODA

Con base en todo lo anterior se realizó un análisis FODA como se puede observar en la Figura 13. La cual nos revela que el compuesto formado tiene como fortalezas una reducción de costos y que el personal de I+D en México conozca más el producto, como oportunidades tenemos que podemos comenzar a cotizar con nuevos clientes pues tendremos un precio más competitivo y en la parte de proveedores, se debe mencionar que tanto el bitumen como el filler son nacionales y, por lo tanto, se apoya a la economía local. Se atacaron las debilidades pues la materia prima fue totalmente compatible y el material resultó menos costoso. Como amenaza se temía que el proyecto no cumpliera con lo estipulado y que diera como resultado que la competencia nos llegue a ganar el proyecto; por ahora ya la responsabilidad cae sobre el departamento de ventas.

FORTALEZAS <ul style="list-style-type: none"> • Reducción de costos • Conocimiento directo del producto 	OPORTUNIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Nuevos clientes • Crecimiento de economía local de proveedores
DEBILIDADES <ul style="list-style-type: none"> • Materia prima no compatible • Material más costoso 	AMENAZAS <ul style="list-style-type: none"> • Competencia gane el negocio • Desabasto de materias primas por pandemia

Figura 13. Análisis FODA de la investigación.



10. DISCUSIONES

Se logra localizar la mayoría de las materias primas, siendo que el pre-compuesto es una fórmula no comercial, ciertos materiales sólo se encuentran en su país de origen. A pesar de ser un compuesto con base en el hule, el material crítico resultó ser el bitumen pues éste no puede ser transportado desde su lugar de origen, dadas las regulaciones de su país y dificultad de manejo en su transporte, lo que hizo obligatoria su localización en México. El resto se logró encontrar sino en México, sí dentro del continente americano, lo que optimiza la logística; dando como resultado un menor costo del pre-compuesto.

Si bien se tenía una fórmula base, fue necesario volver a hacer cálculos de la receta, pues la máquina Banbury utilizada es totalmente distinta en modelo, forma y capacidad, además de que los materiales localizados no son exactamente los mismos pues cada fabricante cuenta con sus diferencias en procesos, rangos y especificaciones que hacen que la suma de todos modifique las propiedades del pre-compuesto y a su vez del compuesto final.

Algunos materiales localizados resultaron tener un costo más alto en las cotizaciones, que los usados originalmente en su fórmula. La alta demanda en su continente hace que se abaraten los costos de producción, sin embargo, ya haciendo el cálculo junto con los costos logísticos, dio como resultado un ahorro en precio puesto ya en planta.



Para las pruebas en piso del pre-compuesto, se contó con la presencia mediante videollamada de especialistas del corporativo y conmigo como supervisor del proceso. En las dos pruebas que se hicieron, no se presentó ningún contratiempo ni fueron necesarios ajustes en el proceso o en la fórmula, el tiempo aproximado por prueba fue de 1 hora, el cual se tiene que contemplar para el cálculo de costo por kg.

Al siguiente día se procedió a realizar el compuesto, el cual se realizó de manera normal, con la misma fórmula y procedimiento que ya se ha trabajado en años anteriores, con la única diferencia de que se realizó con el pre-compuesto ya fabricado en México como cambio de materia prima.



11. CONCLUSIONES

Se cumplió con el objetivo de crear el pre-compuesto para crear el compuesto que proporciona la rigidez a los automóviles y que es compatible, de acuerdo con las especificaciones que tiene la filial.

Del total de materiales se pudieron localizar en México dos de ellos: El bitumen, el filler, que, junto con el hule sintético, son los de mayor importancia en la fórmula dadas sus cantidades. Los otros materiales que se consideran como secreto de la compañía y que son los aditivos que también proporcionan propiedades, se lograron localizar al menos en el continente americano.

Con la fórmula anterior, todas las materias primas para crear el pre-compuesto se adquirirían entre Tailandia, Japón y China, por lo tanto, aunque algunos materiales resultaron ser más costosos en el continente americano, por costos de logística, cada uno de ellos resultó más económico que traerlo desde su país anterior de manufactura.

El compuesto fue enviado a otra sucursal donde se cuenta ya con el equipo necesario para hacer pruebas de extrusión y darles la forma final a las partes. La retroalimentación recibida fue que el material se comportó de manera regular al compuesto utilizado anteriormente, lo cual sirvió como un refuerzo a las pruebas anteriormente realizadas al compuesto.



La suma de todos los ahorros logrados con localizar todas las materias primas, además de la localización del proceso, que representa una mano de obra más económica; se reflejan en un ahorro más del 10% por cada kg, siendo 0.9 en unidades, de acuerdo con el análisis de costos previamente presentado (Tabla 1). Esto nos deja con buen pronóstico pues lo mínimo esperado era que al menos se conservara el costo que se tenía en años pasados, o la unidad (1) en el análisis de costos.

Biblioteca Aguascalientes





BIBLIOGRAFÍA

- Acuña Acuña, J. (2012). *Control de calidad, un enfoque integral y estadístico*. Costa Rica: Instituto tecnológico de Costa Rica.
- Aguilar, J. M. (1 de Noviembre de 2017). Las deformaciones en la carrocería. Toluca, Estado de México, México.
- American Society for Testing and Materials. (2022). ASTM D 36-95. En *Annual Book of ASTM Standards* (págs. 1-3). Virginia: ASTM.
- ASTM. (2020). *Standar Test Method for Penetration of Bituminous Materials*. Danvers: IHS.
- Barbosa Correa, R. (2016). *Monitoreo y análisis estadístico de proceso con aplicaciones*. Barranquilla: Universidad del Norte.
- Barroso Herrero, S. (2013). *Procesado y puesta en servicio de materiales*. Madrid: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Belda Hériz, I. (2018). *Economía circular: un nuevo modelo de producción y consumo sostenible*. Madrid: Tébar Flores.
- Beliezky, L., & Fajen, J. (2019). *Industria del caucho*. España: D-INSHT.
- BP Bitumen. (2015). *Bitumen Basics*.
- Contreras Bravo, L. E., Vargas Tamayo, L. F., & Ríos Linares, R. A. (2018). *Procesos de fabricación de polímeros y cerámicos*. Ediciones de la U.
- Corichi, C. (12 de Agosto de 2020). Importancia de la industria automotriz. Ciudad de México, México, México.
- Díaz, J., & Jimenez, A. (7 de Septiembre de 2022). *Asociación mexicana de la industria automotriz*. Obtenido de <https://www.amia.com.mx/wp-content/uploads/2022/09/boletinPrensaSep2022.pdf>
- DVA. (30 de Junio de 2019). *DVA.MX*. Obtenido de <https://www.dva.mx/blog/que-son-los-elastomeros-y-la-polimerizacion/>
- Espejo Mora, É., & Hernández Albañil, H. (2017). *Análisis de fallas de estructuras y elementos mecánicos*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Fernández Garrido, R. (2016). *Perforación de pozos petroleros marinos*. La Habana: Científico-Técnica.
- Frederick, J. S. (2019). Fabricación de Neumáticos. En L. Beliczky, *Industria del caucho* (pág. 80.4). España: D-INSHT.
- Friedenthal, E. (2013). *Tecnología básica del Caucho*. Argentina: CITIC.
- Giles, H. F., & Wagner, J. R. (2013). *Extrusion: The definitive Proccesing Guide and Handbook*. MA, USA: Elsevier Science & Technology Books.

- Halla-Villa Jiménez, N., & Cartoixa, M. (04 de 04 de 2011). *ICEX*. Obtenido de España exportación e inversiones: <https://www.icex.es/icex/es/Navegacion-zona-contacto/revista-el-exportador/mundo/4475842.html>
- Hernández Herrera, A. E. (2020). *Tipos de moldeo de plásticos*. Aguascalientes: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Hirata, R. (10 de Octubre de 2013). Lo que hay que entender de la industria automotriz en México. Mexico, Mexico DF, México.
- ISO Tools Excellence. (8 de Agosto de 2013). Las normas ISO repercuten en la industria automotriz. CDMX, México, México.
- Lafleur, P. G., & Vergnes, B. (2014). *Polymer extrusion*. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Lopes, D., Ferreira, M., Russo, R., & Dias, J. (2015). Natural and syntetic rubber/waste. *Journal of cleaner production*, 230-236.
- Lucendo, J. (2019). *Manual técnico del automovil - diccionario ilustrado de las nuevas tecnologías*. España: Jorge Lucendo.
- Lucendo, J. (2019). *80 siglos de invenciones - diccionario de los inventos*. España: Jorge Lucendo.
- Meyer, B. (2016). Happy birthday Bambury. *Rubber and plastic news*, 10.
- NetinBag. (s.f.). *Netinbag.com*. Obtenido de <https://www.netinbag.com/es/manufacturing/what-is-the-banburyreg-mixer.html>
- Newell, J. (2021). *Ciencia de materiales*. Alfaomega Grupo Editor.
- Ortega Pérez, D. C., Bustamante Rúa, M. O., Gutiérrez Rôa, D. F., & Correa Espinal, A. A. (2015). Mixture experiments in industrial formulations. *Publicly Available Content Database*, 149-156.
- Paredes, A. (2013). *Tesis de almacenaje de asfalto*. Guayaquil: NP.
- Pérez, L., Perez, R., & Seca, M. V. (2020). *Metodología de la investigación científica*. Buenos Aires: Maipue.
- Restrepo Velazquez, S. M., Arroyave Peláez, G. J., Vázquez Giraldo, D. H., & Serna Ortíz, J. C. (2015). Estudio prospectivo de la industria del plástico y el caucho asociada al sector cuero, calzado y marroquinería. *Informador técnico*, Tomo 79, No. 1.
- Revista turbo. (22 de Junio de 2019). ¿Cuántas piezas componen un auto moderno? Colombia.
- Speigth, J. (2013). *Enhanced recovery methods for heavy oil and tar sands*. Elsevier science.
- The British Standards Institution. (2021). *bsi group*.
- Toledo Castillo, F., Mera Redondo, A., García Sánchez, J., & Hidalgo Fuentes, S. (2020). *Manual de investigación y reconstrucción de accidentes de tráfico*. Valencia: INFORSE.