

Análisis de costo de materiales en una industria automotriz

Analysis of alternative materials for application in injection of plastic parts of the automotive industry

Ma. Elisa Aguirre-Márquez ^a, Beatriz Sauza-Ávila ^b, Claudia B. Lechuga-Canto ^c, Suly S. Pérez-Castañeda ^d, Dorie Cruz-Ramírez ^e, María T Lugardo-Bravo ^f

Abstract:

This article aims to analyze polymeric materials and alternative suppliers for use in the injection molding process in the manufacture of plastic parts for the automotive industry, presenting basic concepts about injection molding, presenting the most common materials used for the production of auto parts and studying the materials from alternative suppliers that meet the physical and mechanical properties required in plastic auto parts, to finally know the cost-benefit that this analysis can generate.

Keywords:

Injection molding, polymeric materials, automotive plastics, cost-benefit

Resumen:

El presente artículo tiene como objetivo el análisis de materiales poliméricos y proveedores alternos para su uso en el proceso de moldeo por inyección en la fabricación de piezas plásticas para la industria automotriz, presentando conceptos básicos acerca del moldeo por inyección, presentando los materiales más comunes utilizados para la producción de piezas plásticas automotrices y estudiando los materiales de proveedores alternos que cumplan con las propiedades físicas y mecánicas requeridas en las autopartes plásticas, para finalmente conocer el costo-beneficio que este análisis pueda generar.

Palabras Clave:

Moldeo por inyección, materiales poliméricos, plásticos automotrices, costo-beneficio

Introducción

El moldeo por inyección de plásticos, se ha convertido en uno de los principales procesos de fabricación de múltiples artículos, sobre todo en el área automotriz, no solo por su versatilidad sino también por su facilidad de incorporar distintos materiales que al fusionarse ofrecen propiedades específicas. El presente trabajo tuvo como objetivo realizar un estudio enfocado en materiales alternos y su aplicación en el sector

automotriz, obteniendo un ahorro con su aplicación y técnicas actuales de procesamiento.

Este proceso se encuentra en crecimiento y con una gran aceptación ya que ofrece un proceso de producción a altas velocidades, a grandes cantidades, es automatizado y sobre todo el costo por mano de obra es reducido ya que las piezas no requieren de ningún acabado mayor y los materiales base ayudan a obtener mejores superficies, acabados y colores.

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0003-4888-9171>, Email: elisa.aguirre.m@gmail.com

^b Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-7919-6792>, Email: beatriz_sauza@uaeh.edu.mx

^c Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0003-3081-2379>, Email: claublc@uaeh.edu.mx

^d Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-3763-9233>, Email: sulysp@uaeh.edu.mx

^e Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-7853-7655>, Email: doriec@uaeh.edu.mx

^f Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, <https://orcid.org/0000-0002-7252-1046>, Email: mariterelugardo@gmail.com

Por lo tanto, existen varios estudios acerca de los materiales poliméricos y del moldeo por inyección de plásticos, tomando principalmente los trabajos de los siguientes autores.

Hellerich y Walter (1992). "Guía de Materiales Plásticos", en donde nos presenta un estudio detallado de los principales materiales que se utilizan para la inyección de piezas plásticas.

Juárez et al. (2012). "Estudio y análisis del moldeo por inyección de materiales". El cual analiza el moldeo por inyección de materiales poliméricos termoplásticos, estudiando circunstancias actuales de la producción industrial, y la evolución del proceso de inyección.

Beltrán y Marcilla (2012). "Tecnología de polímeros, procesado y propiedades". Relacionan las condiciones de procesado con las propiedades físicas de las piezas obtenidas, muy similar a los estudios realizados para este análisis.

Y no menos importante el "Estudio y modelización de la procesabilidad mediante moldeo por inyección de materiales termoplásticos reciclados" de Boroat (2009). En el cual propone una optimización del proceso al hacer uso de materiales reciclados, haciendo uso de todas las posibles variables para mantener los parámetros óptimos del proceso. También un trabajo similar en relación al estudio y análisis de este artículo.

Siendo así el presente trabajo constituye una investigación aplicada, y dirigida hacia la búsqueda de la generación de un ahorro en el uso de materiales principales para el moldeo por inyección de partes plásticas automotrices.

Marco teórico

Moldeo por inyección

Existen distintos procesos para la fabricación de piezas en plástico como, soplado, extrusión, termoformado, rotomoldeo, inmersión e inyección, siendo este último el proceso que se utiliza para la fabricación de productos con altas propiedades mecánicas y gran estabilidad dimensional, requiriendo de una máquina inyectora, un molde, periféricos y materia prima. Debido al parecido con el proceso de inyectar fluidos con una jeringa, este proceso se denomina moldeo por inyección.

1. Descripción y características del moldeo por inyección.

El moldeo por inyección es una de las técnicas más comunes en el procesamiento de plásticos. Este proceso consiste en fundir el polímero y hacerlo fluir bajo presión y temperatura en un molde, en el cual la pieza solidifica y duplica su forma. (García, S.M. 2012).

El moldeo por inyección es un proceso de conformado utilizando materiales como las resinas sintéticas (plásticos), las cuales se calientan dentro de un cilindro de la máquina y se funden. El material previamente calentado alcanza su punto de fusión ya establecido y se introduce en el interior de un molde cerrado a alta presión (también ya establecida), donde se enfría, adquiriendo la forma de la pieza deseada, ya diseñada en el molde.

La gran ventaja de este proceso es la posibilidad de fabricar piezas de geometrías complejas a altas velocidades de producción. (Albarrán, 2014).

Con el moldeo por inyección, las piezas de formas diversas, incluidas aquellas con formas complejas, se pueden fabricar de forma continua y rápida, en grandes volúmenes. Por lo tanto, el moldeo por inyección se utiliza para fabricar materias primas y productos en una amplia gama de industrias.

La importancia del proceso de inyección ha provocado que diversos autores hayan realizado una gran cantidad de trabajos e investigaciones para comprender los efectos de las variables del proceso por inyección sobre las propiedades finales de la pieza moldeada, tratando de entender el proceso de inyección mediante el análisis de la influencia de determinados parámetros de proceso con respecto a ciertos efectos que afectan a las piezas inyectadas. Boroat (2009).

Cox & Mentzer (1986) analizan la influencia directa de la velocidad de inyección con aspectos relacionados con la pieza final, como las características mecánicas, el acabado superficial y las dimensiones, incluyendo la influencia de las cargas de materiales de refuerzo sobre el polímero.

Kalay & Bevis (1997), relacionan las condiciones de procesado con las propiedades físicas de las piezas obtenidas, concluyendo con un control de los parámetros de proceso para controlar la rigidez de la pieza obtenida sin tener pérdidas de resistencia.

Otra investigación importante es el Estudio y análisis del moldeo por inyección de materiales poliméricos termoplásticos de Juárez et al. (2012). El cual tiene como objetivo el análisis del moldeo por inyección de materiales poliméricos termoplásticos, estudiando su situación actual desde la perspectiva de la producción industrial, la evolución de la técnica y la modelización del proceso de inyección.

2. Máquinas de moldeo por inyección

La estructura de una máquina de moldeo por inyección se puede resumir a grandes rasgos como una unidad de inyección que envía los materiales fundidos al molde, y una unidad de sujeción que opera el molde.

En los últimos años, el uso de CNC se ha adoptado cada vez más en las máquinas de moldeo por inyección, dando lugar a la popularidad de modelos que permiten una inyección a alta velocidad, bajo control programado.

El molde está compuesto principalmente por dos placas o semimoldes que unidas dan forma a la cavidad que será llenada de material polimérico para producir la pieza. Las máquinas de inyección tienen una estructura básica y sencilla de explicar. (Como lo muestra la Figura 1).

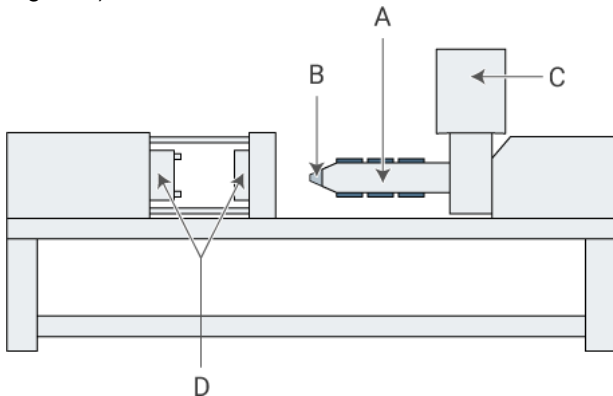


Figura 1. Estructura básica de las máquinas de moldeo por inyección

Fuente: Beltrán y Marcilla (2012)

- A: Cilindro (calienta el material)
- B: Boquilla (inyecta el material fundido)
- C: Tolva (alimentador de material)
- D: Molde (el material se vierte en la cavidad del molde entre dos placas)

Toda máquina de inyección con pistón cuenta con 10 elementos principales para realizar el proceso de inyección de materiales, los cuales son: 1. Placa fija, 2. Placa móvil, 3. Columna guía, 4. Placa de expulsión, 5. Placa de apriete, 6. Aguja de expulsión, 7. Columna separadora, 8. Guía de expulsión, 9. Tirante de expulsión y, 10. Tornillo Allen M3x16. Prada-Ospina & Acosta-Prado (2017).

Existen diferentes tipos de máquinas inyectoras que han evolucionado con el paso del tiempo, máquinas de pistón, máquinas de pistón con preplastificación paralelo o ángulo, y las máquinas de husillo, siendo estas las más utilizadas por lo que son mejor conocidas como máquinas de inyección convencionales.

En estas máquinas, conforme el tornillo gira el material funde, avanza hacia adelante y se va acumulando en la parte anterior del cilindro. Para alojar este material fundido dentro del cilindro, el tornillo debe retroceder lentamente mientras gira. Una vez que hay suficiente cantidad de material fundido acumulada, se detiene el giro y el tornillo realiza un movimiento axial hacia adelante, con lo que se realiza la inyección del material fundido. (Como se muestra en la Figura 2).

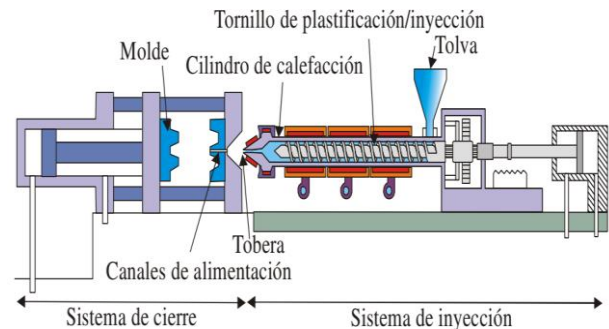


Figura 2. Máquina de inyección de tornillo

Fuente: Beltrán y Marcilla (2012), Keyence corporation (2021).

3. Proceso de moldeo por inyección

Para procesar materiales poliméricos a través del sistema de moldeo por inyección se requiere de un molde acorde a la figura deseada. Comienza con los pellets (gránulos) de resina que se vierten en la tolva, el punto de entrada para el material. Luego, los pellets se calientan y se funden dentro del cilindro en preparación para la inyección. Después, el material es forzado a través de la boquilla de la unidad de inyección, antes de entregarse a través de un canal en el molde llamado bebedero, y luego a través de corredores ramificados en la cavidad del molde. Una vez que el material se enfría y se endurece, el molde se abre y la pieza moldeada se expulsa del mismo. Keyence corporation (2021).

Es un proceso de fabricación semi-continuo que consiste en inyectar un polímero, en el interior de un molde cerrado a presión y en frío. Al enfriarse la pieza moldeada se obtienen las dimensiones deseadas. Este material se solidifica obteniéndose la pieza final al abrir el molde (Albarrán, 2014).

Es importante que el material fundido se distribuya de manera uniforme en todo el molde, ya que muchas veces hay más de una cavidad dentro del molde, que permite la producción de más de una pieza a la vez. Se estima que el 33% de las piezas de plástico fabricadas, se hacen actualmente, mediante la

inyección por moldeo, que tiene varias ventajas frente a otros procesos:

- Altos volúmenes de producción
- Costos bajos de operación
- Automatización del proceso
- Las piezas no requieren de ningún acabado o muy pocos
- Elaboración de piezas de geometría muy compleja, imposible por otros métodos.
- Obtención de diferentes colores y acabados superficiales
- Buena tolerancia dimensional

Si bien el moldeo por inyección es adecuado para la producción en masa, es esencial tener un buen conocimiento de las diversas condiciones requeridas para producir productos de alta precisión, lo que incluye la selección del material de resina, la precisión del procesamiento del molde, la temperatura y velocidad de la inyección de la fusión. Keyence corporation (2021).

Por lo cual deben existir parámetros ya establecidos para controlar el ciclo de inyección constituido por tiempos y movimientos de la maquina como:

- a) Tiempo de cierre del molde
- b) Tiempo de avance de la unidad de inyección
- c) Tiempo de llenado o de inyección
- d) Tiempo de compactación
- e) Tiempo de retroceso de la unidad de inyección
- f) Tiempo de enfriamiento
- g) Tiempo de apertura del molde
- h) Tiempo de extracción de la pieza

Existen otros parámetros igual de importantes y que también son variables que intervienen en el proceso de moldeo por inyección las cuales son:

- a) Temperatura de inyección
- b) Temperatura del molde
- c) Presión inicial o de llenado
- d) Presión de compactación
- e) Presión de retroceso

4. Técnicas de inyección

Inyección de múltiples materiales

La inyección de varios materiales diferentes en una misma cavidad de moldeo, o inyección "sandwich", consiste en inyectar a través de un solo bebedero dos materiales distintos que proceden de dos unidades de inyección diferentes. Mediante este procedimiento se pueden obtener piezas en las que el material de la capa superficial presenta un acabado especial, mientras que el material del núcleo admite materiales reforzados, de menor densidad (espumas) o de menor calidad o

precio, para conseguir una estructura más rígida, más ligera o más económica. Mediante esta técnica se obtienen excelentes acabados, con total distinción entre núcleo y piel, y diversidad de texturas y tactos. Douglas M. B. (1996)

Inyección de termoestables

La tecnología de inyección se ha extendido al moldeo de termoestables. Aunque los fundamentos de la técnica son los mismos que para termoplásticos, la inyección de termoestables requiere una serie de modificaciones en los ciclos y en los equipos respecto al moldeo de termoplásticos. Boroat, T. (2009).

Inyección asistida por gas

El proceso de inyección asistida por gas se utiliza para conseguir piezas inyectadas con partes huecas en su interior. Podría decirse que es una modalidad de la inyección de materiales múltiples, en este caso polímero y gas. Consiste en un llenado parcial o a veces completo de la cavidad con un polímero convencional, seguido por la inyección a presión de un gas inerte en su interior. Cheng, J., Y.X. Feng, J.R. Tan & W. Wei (2008).

Metodología

La metodología de este trabajo incluye una investigación descriptiva basada en una revisión conceptual sobre los aspectos básicos del moldeo por inyección, posteriormente cuantitativa-experimental, ya que se realizan análisis comparativos de materiales poliméricos actuales y alternos buscando no perder propiedades físicas y mecánicas en piezas plásticas automotrices, obteniendo con esto un ahorro en la industria manufacturera de plásticos automotrices.

Materiales de uso actual

Los plásticos se encuentran sometidos a diferentes estados de carga en sus distintas aplicaciones, por lo que la selección del material adecuado para cada una de ellas se basa, entre otras consideraciones, en sus propiedades mecánicas. Las propiedades mecánicas de los polímeros dependen, fundamentalmente, de su composición, estructura y condiciones de procesado. Asimismo, existen otros factores que influyen en las mismas y son, principalmente, el tiempo (velocidad de aplicación de los esfuerzos) y la temperatura (Beltrán y Marcilla 2012).

En la actualidad la industria manufacturera de piezas plásticas automotrices utiliza la técnica de inyección de múltiples materiales, ya que con este procedimiento se

pueden obtener piezas en las que el material de la capa superficial presenta un acabado especial, mientras que el material del núcleo admite materiales reforzados, de distinta densidad, calidad o precio, se puede conseguir una estructura más rígida, más ligera o más económica. Los materiales más comunes utilizados en la inyección de plástico automotriz son PP (Polipropileno copolimero de impacto), PG (Pigmento), EPDM (Etileno Propileno Diene Metileno). Comercializados por Esenttia y Nordel respectivamente, proveedores con los que trabajan importantes empresas automotrices como por ejemplo Tesla quien es principal fabricante de autos eléctricos.

Polipropileno copolimero de impacto (PP)

PlasticsIndustry.org describe el polipropileno como uno de los termoplásticos de gran volumen “commodity”. Pertenece a la familia de las olefinas (compuesto que presenta al menos un doble enlace Carbono-Carbono), tiene una baja densidad, es bastante rígido, tiene una temperatura de distorsión térmica adecuada para aplicaciones de envasado en caliente, y una excelente resistencia química y propiedades eléctricas.

PG

PlasticsIndustry.org menciona que el pigmento negro inorgánico es un colorante plástico pero un copolímero al igual que el polipropileno, dan una coloración bastante opaca. Los colores obtenidos de los pigmentos son muy estables y sobre todo tienen una excelente resistencia a la intemperie y a los químicos, por lo tanto, también da propiedades físicas importantes a las autopartes plásticas.

Propiedades	Unidades EN	Unidades SI	Método ASTM
Índice de Fluidez (230 °C - 2.16 Kg.)	16.0 g/10min.	16.0 g/10min.	D-1238 B
Resistencia máxima a la tracción (50 mm/min.)	3150.0 psi	21.7 MPa	D-638
Elongación al punto de cedencia (50 mm/min.)	6.5 %	6.5 %	D-638
Módulo de flexión 1% secante (1.3 mm/min.)	155000.0 psi	1068.7 MPa	D-790-1A
Impacto Izod con ranura (23 °C/73 °F)	10.0 ft-lb/pulg	533.8 J/M	D-256-A
Impacto Gardner (-30 °C/-22 °F)	280.0 lb-pulg	31.6 J	D-5420 A

Figura. 3. Ficha técnica de copolímero de impacto (PP y PG)

Fuente: Esenttia (2016)

EPDM

Por abreviatura internacional (Ethylene Propylene Diene Methylene), PlasticsIndustry.org menciona que este producto se comprende de los copolímeros de etileno y propileno EPM, y los terpolímeros de etileno-propileno-dieno, es un elastómero con las mejores propiedades respecto a la protección frente agua y a los agentes atmosféricos, con la mejor elasticidad y

resistencia del mercado, un 400%, lo que lo convierte en el mejor material para la impermeabilización de todo tipo de superficies.

Physical	Nominal Value (English)	Nominal Value (SI)	Test Method
Density	0.870 g/cm ³	0.870 g/cm ³	ASTM D297
Ethylene Content	70.5 wt%	70.5 wt%	ASTM D3900
Ethylidene Norbornene (ENB) Content	0.5 wt%	0.5 wt%	ASTM D6047
Mooney Viscosity (ML 1+4, 257°F (125°C))	20 MU	20 MU	ASTM D1646
Ash Content	< 0.1 wt%	< 0.1 wt%	ASTM D296
Molecular Weight Distribution	Medium	Medium	Dow Method
Propylene Content	29.0 wt%	29.0 wt%	ASTM D3900
Residual Transition Metal	< 10 ppm	< 10 ppm	Dow Method
Volatile Matter	< 0.40 wt%	< 0.40 wt%	Dow Method
Electrical	Nominal Value (English)	Nominal Value (SI)	Test Method
Dissipation Factor	< 3.0	< 3.0	ASTM D150

Figura. 4. Ficha técnica de EPDM

Fuente: NORDEL (2016)

Materiales y proveedores alternos

Dentro de un comparativo detallado de varios meses se encontró que el PP y el PG comercializado por Indelpro y MDI, y el EPDM comercializado por Solumer resultan opciones favorables en su uso en el moldeo por inyección para autopartes plásticas automotrices, ya que representan un costo-beneficio, sin afectar en mayor parte las especificaciones principales físicas y mecánicas en las piezas plásticas.

Talc content	71%
Polymer content	29 % PP
Density	1,7 g/ml
Bulk density	1,1 g/ml
MFI (230 °C/5kg)	9,4 g/10min
Humidity	400 ppm
Whiteness (Ry, C/2, DIN53163)	88 %
Mean particle size (D ₅₀)	3,9 µm

Figura. 5. Ficha técnica de EPDM

Fuente: SOLUMER (2021)

SL739NW

POLIPROPILENO COPOLIMERO DE IMPACTO

El Profax SL739NW es un polipropileno copolímero de alto impacto que contiene un agente nucleante y antiestático. Está diseñado especialmente para facilitar la inyección de piezas grandes y pared delgada. Tiene excelente balance entre rigidez e impacto y muy buena estabilidad dimensional. El Profax SL739NW tiene aprobación UL 94 HB para un espesor mínimo de 1.5 mm.

La resina base de este producto cumple con los requerimientos de FDA contenidos en el código 21 CFR 177.1520.

Características:

- Excelente balance entre rigidez e impacto
- Tiene propiedades antiestáticas
- Contiene agente nucleante para ciclos más rápidos

Aplicaciones Típicas:

- Recipientes
- Tapas
- Juguetes

Profax SL739NW COPOLIMERO DE IMPACTO CON ANTIESTÁTICO

Propiedades físicas típicas ^M	Valor Típico	Método ASTM ^M
- Índice de flujo (NFR), g/10 min	20	D1238
- Resistencia a la tensión en el punto de cedencia, MPa (psi)	22.6 (3,277)	D638
- Alargamiento en el punto de cedencia, %	6	D638
- Resistencia al impacto Izod con muestra a 23°C, J/m (ft-lb/in)	No break	D256A
- Módulo de flexión, MPa (psi)	1,048 (151,060)	D790A
- Densidad, g/cm ³	0.9	D792A
- Temperatura de deflexión a 0.46 MPa (66 psi), °C (°F)	104 (219)	D648

Figura 6. Ficha técnica de PP

Fuente: INDELPRO/MDI (2021)

Resultados

Con un análisis aplicando pruebas en proceso de producción, se reformulo porcentaje de nuevos materiales, se realizaron ajustes en parámetros de la máquina inyectora, y finalmente se realizaron pruebas de laboratorio a las piezas moldeadas con los nuevos materiales, en puntos principales de fluidez (ancho), dureza (impacto) y densidad (espesor) de las piezas, obteniendo los siguientes resultados finales:

08-noviembre-2021					
CHARPY IMPACT, NOTCHED ³	Pruebas polipropileno indelpro SL739NW con solumer y pigmento MDI y PPR			Impacto Notched	Status
	Ancho	Espesor			
Probeta 1	6.3	7.39	2.73	21.84	Ok
Probeta 2	6.3	7.5	2.73	9.77	Ok
Probeta 3	6.3	7.51	2.7	10.55	Ok
Probeta 4	6.3	7.51	2.72	11.5	Ok
Probeta 5	6.3	7.5	2.7	11.26	Ok
Probeta 6	6.3	7.72	2.7	13.29	Ok
Probeta 7	6.3	7.57	2.75	24.27	Ok
Probeta 8	6.3	7.56	2.74	9.99	Ok
Probeta 9	6.3	7.5	2.71	9.84	Ok
Probeta 10	6.3	7.51	2.72	9.79	Ok
Probeta 11	6.3	7.52	2.74	12.43	Ok
Probeta 12	6.3	7.53	2.75	8.98	Ok
Promedio		7.5317	2.735	12.55	Ok

Tabla. 1. Pruebas de laboratorio.

Fuente: PADS (2021)

Obteniendo una diferencia de costos significativos, entre marcas y materiales, representando un ahorro que se presenta en la siguiente tabla:

MATERIAL	NOMBRE MATERIAL	PRECIO USD KG MATERIAL	MEZCLA ORIGINAL			70% PP INDELPRO+ 30 PPR + NUEVO PG Y EPDM		
			% SET ORIGINAL	CANTIDAD KG POR SET ORIGINAL	COSTO MATERIALES SET ORIGINAL	% SET P3	CANTIDAD KG POR SET P3	COSTO MATERIALES SET P3
PP	ESENTIA	\$ 3.55	0.655	2.08028	\$ 7.38			
EPDM	NORDEL	\$ 3.76	0.025	0.0794	\$ 0.30			
TALCO	GRANIC	\$ 1.99	0.29	0.92104	\$ 1.83	0.29	0.92104	\$ 1.83
PG	ESENTIA	\$ 4.90	0.03	0.09528	\$ 0.47			
PP	INDELPRO	\$ 3.32				0.4585	1.456196	\$ 4.83
EPDM	SOLUMER	\$ 3.37				0.025	0.0794	\$ 0.27
PG	MDI	\$ 2.49				0.03	0.09528	\$ 0.24
PPR	ADITIVO	\$ 1.70				0.1965	0.624084	\$ 1.06
TOTAL					\$ 9.98			\$ 8.23
	Material original							Diferencia de: \$ 1.75
	Material alterno							

Tabla. 2. Cuadro comparativo

Fuente: PADS (2021)

La diferencia en costo entre materiales es de 1.75 dólares por lo tanto el análisis nos muestra que se obtiene un costo beneficio bastante considerable.

Conclusiones

La industria del plástico en México es uno de los principales sectores manufactureros, sobre todo en la industria automotriz con el moldeo por inyección.

Por lo cual las empresas dedicadas a este giro buscan constantemente trabajar en la mejora continua, optimizando procesos que generen un costo-beneficio para la misma, contribuyendo al desarrollo económico.

El análisis de costo de materiales para su uso en el proceso de inyección de plástico nos permite observar alternativas de materiales poliméricos con un menor costo sin perder propiedades físicas y mecánicas en las autopartes plásticas. Este estudio es muy amplio ya que por medio de distintas herramientas se puede correlacionar los parámetros del proceso con el porcentaje de los materiales para un mejor resultado final en las piezas plásticas automotrices según su uso; generándose un ahorro importante.

Referencias

Albarrán, J.M. (2014). PFC: Diseño y fabricación de un molde para inyección en plástico. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). Universidad Pontificia Comillas.

Beltrán Rico M. y Marcilla Gomis, A. (2012). Tecnología de polímeros, procesado y propiedades. Universidad de Alicante. ISBN 978-84-9717-232-5 No. Pág. 276

Boroat, T. (2009). Estudio y modelización de la procesabilidad mediante moldeo por inyección de materiales termoplásticos reciclados. Tesis Doctoral Universidad. Politécnica de Valencia (España). 2009-05-21, doi:10.4995/Thesis/10251/5024.

Cox, H.W. & C.C. Mentzer (1986). Injection-molding - the effect of fill time on properties. Polymer Engineering & Science, 26 (7), 488-498, doi: 10.1002/pen.760260707

- Cheng, J., Y.X. Feng, J.R. Tan & W. Wei (2008). Optimization of injection mold based on fuzzy moldability evaluation. *Journal of Materials Processing Technology*, 208 (1-2), 222-228, doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.12.114
- García, S.M. (2012). Diseño de un molde de inyección y elaboración de diagramas de moldeo para la empresa Unión Plástico. Informe Final de Cursos de Cooperación. Universidad Simón Bolívar (Venezuela), 2012-05-21.
- Hellerich y Walter (1992). *Guía de Materiales Plásticos*. Barcelona, Hanser editorial. 426p.
- Juárez, D., R. Balart, M.A. Peydró & S. Ferrándiz (2012). Estudio y análisis del moldeo por inyección de materiales. *Revista Dimensión Empresarial* 15(1), Página | 182 poliméricos termoplásticos. *Revista 3ciencias*, 3, 1-14.
- Kalay, G. & M.J. Bevis (1997). Processing and physical property relationships in injection molded isotactic polypropylene. Part I: Mechanical properties, *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 35 (2), 241-263, doi: 10.1002/(SICI)1099-0488(19970130)35:2<241::AID-POLB5>3.0.CO;2-V
- Keyence. (2021). Moldeo por inyección. Keyence México S.A. de C.V. [en línea], disponible en: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure-sys/machining/injection-molding/about.jsp>
- Prada-Ospina, Ricardo & Acosta-Prado, Julio C. (2017). El molde en el proceso de inyección de plásticos para el logro de objetivos empresariales. *Dimensión Empresarial*, 15(1), 169-182. DOI: <http://dx.doi.org/10.15665/rde.v15i1.1002> JEL: M11, M21.