

La economía circular en la industria automotriz de México

*Gonzalo Maldonado Guzmán
Edith Reyes Ruiz
Sandra Yesenia Pinzón Castro
Jesús Francisco Mellado Siller*



La economía circular en la industria automotriz de México

Gonzalo Maldonado Guzmán

Edith Reyes Ruiz

Sandra Yesenia Pinzón Castro

Jesús Francisco Mellado Siller



La economía circular en la industria automotriz de México

Gonzalo Maldonado Guzmán

Edith Reyes Ruiz

Sandra Yesenia Pinzón Castro

Jesús Francisco Mellado Siller



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

La economía circular en la industria automotriz de México

Primera edición 2021

D.R. © Universidad Autónoma de Aguascalientes
Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria
Aguascalientes, Ags., 20100
editorial.uaa.mx

© Gonzalo Maldonado Guzmán
Edith Reyes Ruiz
Sandra Yesenia Pinzón Castro
Jesús Francisco Mellado Siller

ISBN 978-607-8834-21-1

Hecho en México / *Made in Mexico*

Índice

Prólogo	9
Introducción	11
Metodología utilizada en la investigación	15
Definición de la economía circular	23
Fases de la economía circular	33
Implementación de la economía circular	45
La cadena de suministro en la economía circular	57
El desarrollo sustentable en la economía circular	67

La economía circular en la industria automotriz de México	79
La economía circular en las principales empresas de la industria automotriz	165
Conclusiones generales	331
Referencias	343

Prólogo

Gonzalo Maldonado Guzmán

La fuerte presión nacional e internacional que están sufriendo las empresas manufactureras y los distintos proveedores que integran la cadena de proveeduría, tanto por los grupos ambientalistas y consumidores como por las autoridades gubernamentales para que implementen las estrategias que les permitan mejorar el medioambiente y el desarrollo sustentable de los negocios, está generando un cambio trascendental en la gestión de las organizaciones al estimularlas para adoptar o rediseñar diversas estrategias que están reduciendo los impactos negativos al medioambiente. Dentro de las distintas estrategias que se están adoptando e implementando en la mayor parte de las empresas manufactureras —entre ellas las que integran la industria automotriz— se encuentran las actividades de la *economía circular* que, prácticamente, consiste en la reutilización de los materiales y materias primas, la reducción de los residuos industriales y

la utilización de energías renovables en la elaboración de productos más amigables con el medioambiente.

En este sentido, en las últimas dos décadas han sido cada vez más las empresas manufactureras de la industria automotriz las que están incorporando actividades de la economía circular, no solo con la finalidad de reducir significativamente las emisiones de gases contaminantes y residuos industriales al medioambiente, sino también de reducir los costos de producción y contribuir con su responsabilidad social a la mejora del nivel de vida de la sociedad que habita las comunidades donde se localizan sus plantas productivas. Asimismo, con este tipo de acciones implementadas tanto en las empresas ensambladoras de vehículos como en las diversas empresas manufactureras que integran la cadena de proveeduría en la industria automotriz, se están dejando de emitir cientos de miles de toneladas de gases contaminantes al medioambiente como parte de las actividades industriales de las empresas.

Sin embargo, las acciones realizadas hasta el momento por las diversas empresas manufactureras no son suficientes para reducir de manera significativa los embates del cambio climático, las emisiones de gases invernadero, la pérdida de los mantos freáticos, la contaminación ambiental y el elevado consumo de recursos no renovables; por lo cual es necesario que tanto investigadores como académicos y profesionales de la industria del campo de la innovación orienten sus investigaciones a aportar evidencia teórica y empírica de la importancia que tiene la adopción e implementación de las prácticas de la economía circular, no solo para reducir significativamente los niveles de contaminación medioambiental a nivel global, sino también como una estrategia empresarial que permite reducir sustancialmente los costos de producción y la generación de productos más ecoeficientes y amigables con el medioambiente.

Bajo este contexto, y con la finalidad de aportar evidencia teórica y empírica de la adopción e implementación de las actividades de la economía circular en las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México, se presenta esta obra al público interesado en los temas de sustentabilidad y medioambiente esperando que contribuya en el aporte de posibles soluciones a los graves problemas medioambientales a los cuales se están enfrentado actualmente tanto las empresas como la sociedad en general.

Introducción

En la actual literatura científica de la innovación existen publicados diversos artículos que erigen la existencia de una fuerte presión en todas las empresas manufactureras de los distintos sectores industriales para que transiten a un sistema socio-tecnológico más sustentable y a la generación de productos más amigables con el medioambiente (Meadows *et al.*, 2004; Seiffert y Loch, 2005; WBCSD, 2010; Markard *et al.*, 2012). Los distintos problemas medioambientales, como la pérdida de la biodiversidad, la contaminación del agua, del aire y de la tierra, aunado a la fuerte explotación de los recursos naturales y al uso excesivo de la tierra para el desarrollo de centros de producción, están creando serios problemas no solamente para asegurar la producción de bienes y servicios para las generaciones futuras, sino también para la continuidad de la vida humana en la Tierra (Meadows *et al.*, 2004; Rockström *et al.*, 2009; Jackson, 2009; WWF, 2014).

Asimismo, las expectativas de la sociedad en general no son muy halagüeñas ya que el alto nivel de desempleo en la mayoría de los países de economía emergente y en vías de desarrollo, aunado a las pésimas condiciones laborales existentes, la elevada vulnerabilidad social, el aumento de los niveles de pobreza, la inequidad generacional y de género, son algunos de los factores esenciales que están frenando el crecimiento, así como el desarrollo económico y social (Sen, 2001; Prahalad, 2004; Banerjee y Duflo, 2011). Además, los cambios económicos en el medioambiente de los negocios como los riesgos en el suministro de bienes y servicios, la desregulación de los mercados, la estructura de propiedad de las empresas y las limitaciones en los incentivos de la mayoría de las empresas, están incrementando significativamente la inestabilidad financiera y económica tanto para las empresas manufactureras de manera individual como para la totalidad de las economías (Jackson, 2009; Sachs, 2015).

Bajo este panorama, el concepto de economía circular está emergiendo en la literatura como uno de los constructos de mayor importancia, no solamente en las agendas de los políticos y empresarios, sino también en la de investigadores, académicos y profesionales de las empresas (Brennan *et al.*, 2015), que facilitan no solo la mejora significativa del medioambiente, sino también del desarrollo sustentable. Prueba de ello es, por ejemplo, el paquete integral de medidas de economía circular aprobado en la Unión Europea (EUKN, 2015) y las leyes de promoción de la economía circular aplicadas en China (Lieder y Rashid, 2016), las cuales están incentivando a la totalidad de las empresas, sobre todo a las manufactureras, a la adopción e implementación de las actividades de la economía circular ofreciéndoles un paquete de apoyos económicos e incentivos fiscales que son bastante atractivos.

En este sentido, el concepto de la economía circular se está convirtiendo en la actualidad en un campo de estudio atractivo para investigadores y académicos. Ello lo demuestra el incremento significativo en el número de artículos y revistas científicas especializadas que están dando cobertura a este importante tema durante las últimas dos décadas (Geissdoerfer *et al.*, 2017). Además, las empresas manufactureras están cada vez más conscientes de las distintas ventajas que ofrece la adopción e implementación de las actividades de la economía circular, tanto al interior como al exterior de las organizaciones. También están progresivamente más interesadas en conocer, a mayor nivel de profundidad, el valor potencial que tiene este importante constructo no solamente para mejorar la sustentabilidad medioambiental de la comunidad donde se localizan, si-

no también para obtener más y mejores ventajas competitivas al igual que una mayor participación de mercado.

Sin embargo, a pesar de la creciente importancia que tiene la economía circular para los investigadores, académicos, responsables políticos de los tres niveles de gobierno y para los directivos de las empresas manufactureras (entre ellas las que integran la industria automotriz), la relación que tiene el concepto de economía circular con las actividades empresariales y con la sustentabilidad aún no está muy clara (Geissdoerfer *et al.*, 2017), por lo cual existe en la actual literatura científica un potencial de investigación en el análisis y discusión de este importante concepto, las distintas implicaciones que tiene la economía circular con el nivel de desarrollo sustentable y medioambiental, así como de las prácticas que conlleva este constructo. Por lo tanto, la principal contribución de este libro es el análisis y discusión del concepto de la economía circular en las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, lo cual permitirá la generación de nuevo conocimiento y de evidencia empírica robusta sobre la importancia que tiene la economía circular en las organizaciones.



Metodología utilizada en la investigación

La determinación del conjunto de variables que serán utilizadas en una investigación es una tarea básica y esencial, no solo para el desarrollo del proceso de la investigación, sino también para la adecuada aplicación de la metodología científica. La medición de las variables tiene que ser incorporada a una encuesta para el levantamiento de la información, para lo cual se deberán definir las escalas de medición pertinentes debido a que, de acuerdo con su medición, se determinará el análisis de la información recolectada. Asimismo, para obtener la información de las distintas actividades de la economía circular de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, con base en la revisión de la literatura y las escalas encontradas, se diseñó una encuesta que se aplicó a los gerentes de las empresas manufactureras seleccionadas para conocer el nivel de aplicación de las distintas actividades de la economía circular.

De igual manera, se realizó una exhaustiva revisión de la literatura del desarrollo de las prácticas de la economía circular con la finalidad de recabar las distintas escalas de medida que han propuesto los investigadores, académicos y profesionales de la industria para la medición de la adopción e implementación de la economía circular, encontrando solamente algunos estudios publicados que han medido esta variable y proporcionan evidencia empírica sobre los resultados de ella. En este sentido, de las escalas de medida encontradas en la literatura científica se consideraron para la construcción de la encuesta solo aquellas que estaban dirigidas a la medición de la economía circular en las distintas empresas manufactureras, ya que la mayoría de los estudios publicados en la actual literatura científica contienen una revisión teórica del constructo y algunas propuestas de distintos modelos teóricos.

Adicionalmente, es importante establecer que esta investigación forma parte de un estudio mucho más profundo de las empresas de la industria automotriz de México y que esta obra es la segunda de una trilogía que se escribirá. El primer libro trata sobre las prácticas de la eco-innovación y el desarrollo sustentable, esta segunda obra analiza la economía circular y la tercera obra versará sobre el *lean manufacturing* y su impacto en el desarrollo de ventajas competitivas. Por lo tanto, en la encuesta utilizada para el desarrollo de este libro en particular, se integraron dos apartados fundamentales para apoyar el análisis y discusión de la información, quedando la encuesta estructurada prácticamente de la siguiente manera:

1. Perfil del ejecutivo
2. Perfil de la organización
3. Economía circular

Además, como en la encuesta para la recolección de la información se incluyeron preguntas tanto cualitativas como cuantitativas, se consideró pertinente en este trabajo de investigación el cálculo del tamaño de la muestra tomando un error muestral máximo de estimación de 0.04 puntos con un nivel de confianza del 95 %. Complementariamente, el tamaño de las empresas manufactureras de la industria automotriz se definió considerando el sector y el número de empleados, generándose con ello tres grupos de empresas: pequeñas, medianas y grandes. Por ello, el diseño de la muestra se fundamentó en el muestreo estratificado para poblaciones finitas, por lo cual los criterios defi-

nidos para la estratificación están correlacionados con las variables utilizadas, ya que se considera que al obtener un mayor número de estratos se reduce la precisión en la correlación. Por lo tanto, la estratificación de la muestra se realizó considerando los tres tamaños de las empresas, por lo cual tenemos que:

Nh es el tamaño de cada estrato

N es el tamaño de la población: $N = \sum_h N_h$

W_h es el peso de cada estrato: $W_h = \frac{N_h}{N}$

n es el tamaño de la muestra

nh es el número de unidades muestrales en el estrato h : $n_h = W_h n$

Si P es la proporción poblacional que se desea estimar y \hat{P}_h es la proporción muestral en el estrato h , el estimador insesgado, \hat{P} , sería:

$$\hat{P} = \sum_h W_h \hat{P}_h$$

Y su varianza $V(\hat{P}) = \sum_h W_h^2 \left(1 - \frac{n_h}{N_h}\right) \frac{N_h}{N_h - 1} \frac{P_h(1 - P_h)}{n_h}$

Además, la situación más desfavorable que se tendría en este estudio sería un mayor nivel de la varianza, la cual se obtendría si P_h es igual a 0.5, supuesto bajo el cual se obtiene el tamaño de la muestra asumiendo la distribución asintóticamente normal del estimador. Por ello, se consideró pertinente para disminuir los riesgos de esta situación desfavorable, obtener un directorio de las empresas que integran la industria automotriz y de autopartes de México lo más actualizado posible, buscando la posibilidad de recabar esta información en las distintas fuentes oficiales de información y en las asociaciones empresariales pertinentes.

En este respecto, para determinar el tamaño de la muestra se construyó un directorio empresarial con los datos proporcionados por la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), el INEGI y de algunos clústeres de la industria automotriz. También, para efectos de este estudio, se consideraron

solamente a las empresas de la industria automotriz que tenían registrados 10 o más trabajadores, con lo cual el directorio empresarial quedó integrado por 909 empresas al 30 de noviembre de 2018. La muestra se seleccionó mediante un muestreo aleatorio simple con un error máximo del $\pm 4\%$ y con un nivel de confiabilidad del 95 %, obteniendo así una muestra de 460 empresas. Las encuestas fueron aplicadas durante los meses de enero a junio de 2019, representando la muestra un poco más del 50 % de la totalidad de las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México.

Bajo este contexto, es importante la presentación de los datos estadísticos descriptivos más importantes del trabajo de investigación realizado, con la finalidad de que el lector tenga un panorama general de la muestra de las empresas manufactureras de la industria automotriz del país utilizada, ya que ello le permitirá no solamente conocer las características principales de aquellas empresas que integran la industria automotriz, sino también las principales características de los gerentes de las mismas, presentándose dicha información en las siguientes tablas:

Tabla 1. Composición de la muestra por estado.

<i>Estado</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Aguascalientes	57	12.4
Guanajuato	56	12.2
Querétaro	50	10.9
San Luis Potosí	37	8.0
Coahuila	100	21.7
Nuevo León	53	11.5
Estado de México	57	12.4
Puebla	50	10.9
Total	460	100.0

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 1 exhibe la composición de la muestra en cada uno de los ocho estados donde se aplicó la encuesta para el levantamiento de la información y se puede observar que la mayoría de los estados participaron con un porcentaje similar al total de la muestra, con excepción de San Luis Potosí, ya que existe

una menor cantidad de integrantes de la industria automotriz, y Coahuila donde se obtuvo la mayor cantidad de encuestas debido a la disponibilidad de los empresarios para participar en este estudio de investigación.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos relativos a las empresas de la industria automotriz.

<i>Variable</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Tendencia de las ventas para 2019</i>		
Aumento	237	51.5
Sin cambio	171	37.2
Disminución	52	11.3
Total	460	100.0
<i>Tendencia en el número de empleados para 2019</i>		
Aumento	263	57.2
Sin cambio	181	39.3
Disminución	16	3.5
Total	460	100.0
<i>Tipo de Empresa</i>		
Familiar	122	26.5
No familiar	338	73.5
Total	460	100.0

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 2 indica que 237 gerentes de las empresas de la industria automotriz de México (51.5 % de la muestra) consideran un aumento en la tendencia de las ventas para 2019, mientras que 171 gerentes (37.2 %) consideran que la tendencia de sus ventas para este año será igual que las obtenidas en el año 2018, y solamente 52 gerentes (11.3 %) consideraron que la tendencia de sus ventas para este año será inferior a las obtenidas en el año 2018. Con respecto a la tendencia en el número de empleados los resultados son similares a los anteriores, ya que 263 gerentes (57.2 %) consideran un aumento, 181 gerentes (39.3 %) consideran un número igual y 16 gerentes (3.5 %) consideran que existirá una disminución.

Finalmente, con respecto al tipo de empresas manufactureras de la industria automotriz, la misma tabla indica que 338 gerentes (73.5 %) manifestaron

que las empresas donde laboran no son familiares, mientras que los restantes 122 gerentes (26.5 %) dijeron que las empresas donde trabajan son familiares. Por lo tanto, es posible inferir que un poco más de 7 de cada 10 empresas que integran la industria automotriz de México no son empresas familiares, sino que son empresas transnacionales que tienen inversiones de diversas personas y empresas. Sin embargo, alrededor de 3 de cada 10 empresas de la industria automotriz son empresas familiares, lo cual establece la importancia de apoyar a este tipo de compañías porque su capital e inversiones son de origen nacional.

Con respecto a los datos relativos a los gerentes de las empresas de la industria automotriz de México, la tabla 3 muestra que 403 gerentes, que representan el 87.6 %, son hombres, mientras que los 57 gerentes restantes (12.4 %) son mujeres. En cuanto a la edad de los gerentes, en la misma tabla se observa que 357 (77.6 %) son gerentes adultos con una edad de entre 36 y 60 años (con una media de 47 años), mientras que 60 gerentes (13 %) son jóvenes con edad menor a 36 años, y los 43 gerentes restantes (9.3 %) son adultos mayores —con una edad mayor a los 60 años—. Por lo tanto, es posible inferir que alrededor de 9 de cada 10 empresas que integran la industria automotriz de México son dirigidas por gerentes hombres y 8 de cada 10 de ellos tienen una edad de entre 35 y 60 años, con una edad promedio de 47 años.

En lo referente a la experiencia de los gerentes de las empresas que pertenecen a la industria automotriz de México, la misma tabla 3 indica que 184 de ellos, que representan el 40 %, tienen una experiencia en la gerencia de la empresa de entre 1 y 5 años, 120 gerentes (26.1 %) tienen entre 6 y 10 años de trabajar en la gerencia de la empresa, 66 gerentes (14.3 %) tienen un nivel de experiencia entre 11 y 15 años en la actual empresa, 42 gerentes (9.1 %) tienen entre 16 y 20 años de estar ejerciendo su trabajo en la actual empresa y los restantes 48 gerentes que representan el (10.4 %) tienen una experiencia laboral en la compañía que sobrepasa los 20 años. Por lo tanto, es posible inferir que 4 de cada 10 gerentes de las empresas en la industria automotriz cuentan con una antigüedad en las empresas de 1 a 5 años y que, en promedio general, los gerentes tienen 10 años de antigüedad, lo cual indica la valoración de la experiencia por parte de las organizaciones.

Finalmente, en cuanto al nivel de formación de los gerentes, la misma tabla muestra que 305 gerentes, representando el 66.3 %, tienen una carrera universitaria de licenciatura o ingeniería, mientras que 87 gerentes (18.9 %) cuentan con un grado de maestría y 25 gerentes (5.4 %) tienen un grado esco-

lar de doctor. Por lo tanto, es posible inferir que en la industria automotriz se valora la formación académica de los gerentes, al exigir que se obtenga un grado más allá de la licenciatura o ingeniería.

Tabla 3. Datos estadísticos descriptivos relativos a los gerentes de las empresas de la industria automotriz.

<i>Variable</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Sexo del gerente</i>		
Masculino	403	87.6
Femenino	57	12.4
Total	460	100.0
<i>Edad del gerente</i>		
Jóvenes	60	13.0
Adultos	357	77.6
Adultos mayores	43	9.3
Total	460	100.0
<i>Experiencia del gerente</i>		
1-5 años	184	40.0
6-10 años	120	26.1
11-15 años	66	14.3
16-20 años	42	9.1
Más de 20 años	48	10.4
Total	460	100.0
<i>Nivel de educación del gerente</i>		
Educación básica	14	3.0
Bachillerato	20	4.3
Carrera comercial o técnica	9	2.0
Licenciatura o ingeniería	305	66.3
Maestría	87	18.9
Doctorado	25	5.4
Total	460	100.0

Fuente: Elaboración propia.

Definición de la economía circular

El concepto de la economía circular apareció en la literatura científica a finales de la década de 1970 (EMF, 2013b), aun cuando la introducción de este importante término es atribuida por diversos investigadores y académicos, como Andersen (2007), Su *et al.* (2013), Ghisellini *et al.* (2016) y Pearce y Turner (1989). La economía circular generalmente describe la fuerte influencia de los recursos naturales en los sistemas de producción de las organizaciones a través, principalmente, de la proveeduría de las materias primas y materiales para la elaboración de productos, así como la generación de los residuos derivados del proceso de producción, lo cual se contrapone prácticamente con las características de los sistemas económicos contemporáneos que describen a la economía lineal como hacer, comprar y tirar. Este tipo de economía está presente en la mayoría de las empresas manufactureras (Geissdoerfer *et al.*, 2017).

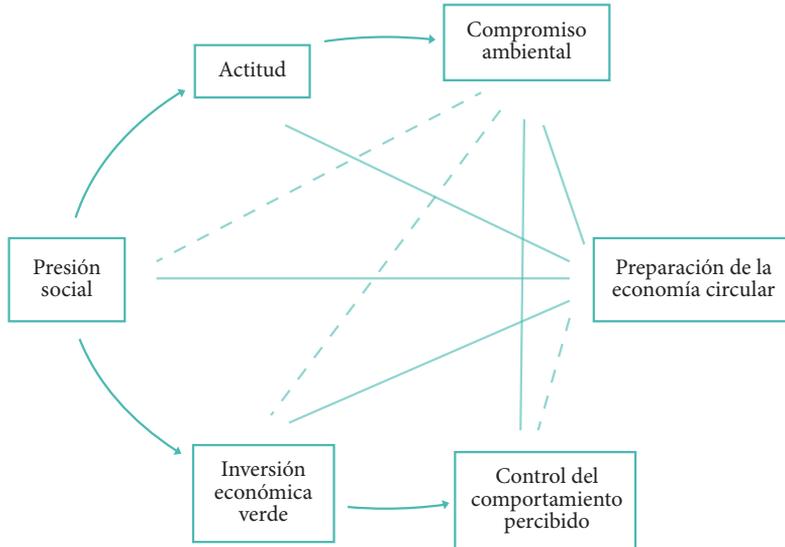
La definición de la economía circular tiene una fuerte influencia del trabajo realizado por Stahel y Reday (1976), quienes describieron a la tierra como un sistema circular con una capacidad de asimilación limitada, en la cual la economía y el medioambiente pueden coexistir de manera equilibrada. Asimismo, Stahel y Reday (1976) introdujeron algunas de las características esenciales de la economía circular —con un claro enfoque en la economía industrial— al utilizar en su respectivo estudio a la economía no lineal para describir las estrategias industriales que utilizan las empresas manufactureras en la prevención de desperdicios, creación de trabajos, eficiencia de los recursos y desmaterialización de la economía industrial. Además, Stahel (1982) hizo énfasis en la utilización de las ventas como un modelo de negocios sostenible y relevante utilizando una economía no lineal, la cual permitiría a las empresas manufactureras obtener un margen mayor de utilidades sin la externalización de los costos y riesgos asociados con los residuos.

En este sentido, la conceptualización de la economía circular y su aplicación práctica, tanto en los sistemas económicos como en los procesos industriales, ha evolucionado sustancialmente al incorporar diferentes características y contribuciones de una diversidad de conceptos que comparte con la idea de la existencia de una economía no lineal (Geissdoerfer *et al.*, 2017). Algunas de las influencias teóricas más relevantes que se han expuesto en la actual literatura sobre el tema son: la teoría del nacimiento de las empresas (McDonough y Braungart, 2002), la teoría de las leyes de la ecología (Commoner, 1971), la teoría de la economía lineal y el rendimiento (Stahel, 2010), el diseño regenerativo (Lyle, 1994), la ecología industrial (Graedel y Allenby, 1995), la biometría (Benyus, 2002) y la economía no lineal (Pauli, 2010). Todas estas teorías tienen una fuerte influencia, no solamente en la conceptualización de la economía circular, sino también en su comprensión.

Además, aun cuando existen en la actual literatura científica diversas definiciones de la economía circular, una de las definiciones más aceptadas por investigadores, académicos y profesionales es la expuesta por la Fundación Ellen MacArthur (2013b: 14), quien consideró que la economía circular puede ser definida como: «Una economía industrial que es reconstituida o regenerativa a través de la intención y el diseño». Asimismo, Geng y Doberstein (2008: 231) al implementar el concepto de la economía circular en las empresas manufactureras de China, definieron este constructo como: «La realización de un círculo cerrado en el flujo de materiales en la totalidad del sistema económico».

Por su parte, Webster (2015: 16) consideró que «la economía circular es un elemento que puede ser reconstituido a través del diseño, para mantener los productos, componentes y materiales con una alta utilidad y valor durante todo el tiempo».

Figura 1. La economía circular en la empresa manufacturera.

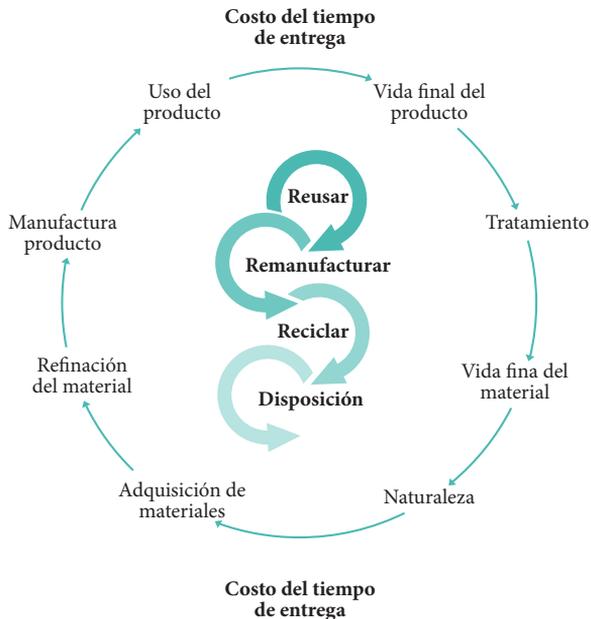


Fuente: Adaptado de Mesa *et al.* (2018).

La figura 1 muestra una propuesta de la conceptualización de la economía circular a través de un modelo teórico que establece la elevada presión social que tienen las empresas manufactureras por el cuidado del medioambiente, la sustentabilidad y la fabricación de productos más amigables con el medioambiente; lo cual genera un compromiso con el medioambiente al realizar inversiones en su cuidado y mantenimiento (inversión verde). Estas actividades realizadas por las empresas manufactureras tienen como resultado que los ecoproductos que generan tengan un mayor nivel de aceptación por parte de los clientes y consumidores. Al percibir el mercado que los ecoproductos no dañan el medioambiente, pueden tener un mayor nivel de aceptación en comparación con los ofrecidos por sus principales competidores, generando con ello diversas ventajas competitivas y un mayor nivel de rendimiento empresarial.

Asimismo, de acuerdo con Yuan *et al.* (2008: 5) se considera que «la esencia de la economía circular es el flujo cerrado de materiales y el uso de materias primas y energía a través de múltiples fases». Por su parte, Bocken *et al.* (2016: 309) categorizó las características de la economía circular a través de su definición, considerándola como «una estrategia de diseño y de modelo de negocio que están generando, estrechando y utilizando al máximo los recursos disponibles». Así, considerando las definiciones anteriormente presentadas y la contribución de cada una de ellas a la conceptualización de la economía circular, Geissdoerfer *et al.* (2017: 759) definieron a la economía circular como «un sistema regenerativo en el cual el adecuado uso de los recursos y los residuos, la reducción en las emisiones de contaminantes y de la energía son minimizados a través de la desaceleración, cierre y reducción del uso de materiales y energía, lo cual puede lograrse a través del diseño de productos con un ciclo de vida mayor, mantenimiento, reparación, *reúso, remanufactura, reacondicionamiento y reciclaje*».

Figura 2. Propuesta del concepto de economía circular.



Fuente: Adaptado de Korhonen *et al.* (2018).

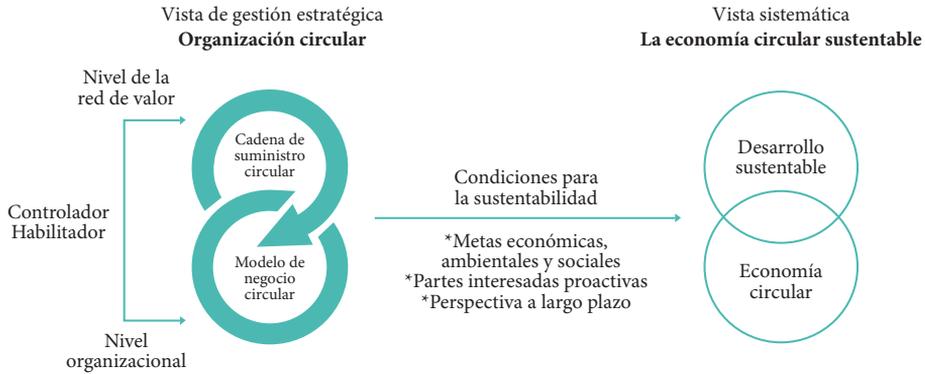
La figura 2 ejemplifica la definición anterior al generar un círculo concéntrico en las actividades de producción de las empresas manufactureras, a través de la reutilización, remanufactura, reciclaje y disposición de materiales y materias primas. Todo lo anterior, permite a las empresas la reducción de los costos de tiempo y energía. Además, en el círculo periférico se pueden apreciar las distintas actividades empresariales que realizan las empresas manufactureras —entre ellas las que integran la industria automotriz— desde que reciben los materiales y materias primas hasta la producción final de los productos; e incluso la reutilización de aquellas partes de los productos, que una vez que terminaron su vida útil, puedan ser aprovechadas en el proceso productivo, lo cual permitirá a las organizaciones no solamente aprovechar algunos materiales de los productos que se elaboraron, sino también mejorar la sustentabilidad medioambiental.

Adicionalmente, la economía circular es una importante variable que está incrementando su nivel de atención no solamente en la investigación académica, sino también en las empresas y las autoridades gubernamentales. Prueba de ello son los estudios publicados por Andersen (2007), Su *et al.* (2013), Ghisellini *et al.* (2016), Lieder y Rashid (2016) y Geissdoerfer *et al.* (2017); orientándose un elevado porcentaje de los estudios principalmente en las áreas del valor circular y la cadena de suministro (Wells y Seitz, 2005; Guide y Van Wassenhove, 2009; Stindt y Sahamie, 2014; Govindan *et al.*, 2015), en los modelos de negocio circulares (Bocken *et al.*, 2016) y diseño circular de los productos (Bakker *et al.*, 2014). Las figuras 3 y 4, que se presentan a continuación, muestran con mayor claridad la conceptualización de la economía circular en las actividades de la cadena de suministro y en los modelos de negocio.

La figura 3 muestra la relación existente entre las actividades de la cadena de suministro circular y el modelo de negocios circular, en los cuales los niveles de la red de valor y organizacional juegan un papel esencial, ya que ambos elementos forman parte de la gestión estratégica que definen las empresas manufactureras. Además, tanto la cadena de suministro como el modelo de negocios circulares están estrechamente vinculados con la sustentabilidad medioambiental a través de las metas económicas, ambientales y sociales que persiguen las organizaciones, las cuales comúnmente están establecidas a largo plazo. Así, es posible establecer que las distintas metas económicas, ambientales y sociales generan —sin lugar a duda— un mayor nivel de desarrollo sustentable en las empresas manufactureras de la industria automotriz, lo cual puede

traer como resultado una mejora significativa en la adopción e implementación en las distintas actividades que conlleva la economía circular.

Figura 3. La economía circular en la cadena de suministro y modelo de negocio.



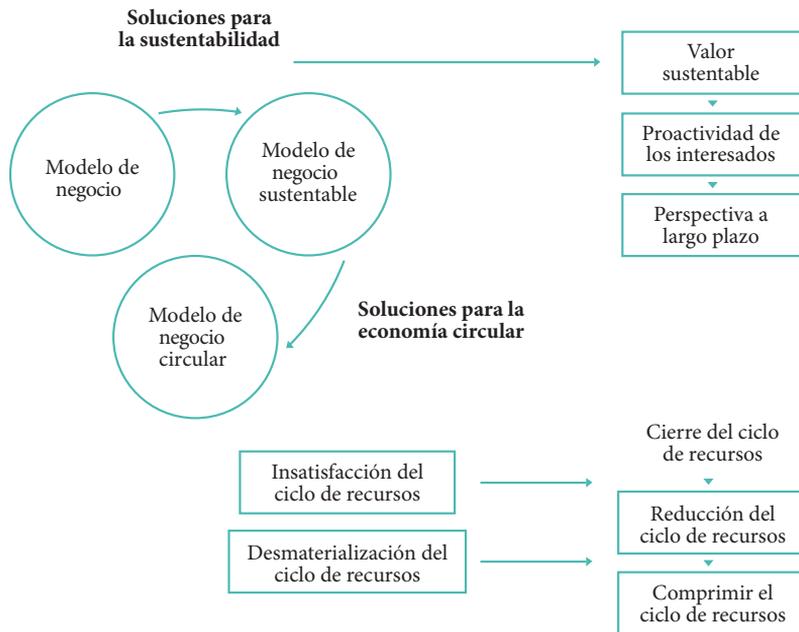
Fuente: Adaptado de Geissdoerfer *et al.* (2018)

Con respecto a la figura 4 (mostrada a continuación), es posible observar que para que un modelo de negocio tradicional esté en condiciones de transitar a un modelo de negocio circular se requiere, en primera instancia, que los directivos utilicen adecuadamente los diferentes recursos disponibles en la organización, de tal manera que les permita encontrar soluciones factibles para lograr no solo un mayor nivel de sustentabilidad, sino también mejorar significativamente el medioambiente de la localidad donde se encuentra ubicada la empresa manufacturera. Además, las soluciones para la sustentabilidad medioambiental deberán estar orientadas a incrementar de manera significativa el valor sustentable de los productos generados, la proactividad en las actividades comerciales de las empresas y sus principales socios comerciales, así como las perspectivas a largo plazo tanto del logro de las metas como de los resultados empresariales, ya que el tránsito de un modelo de negocio tradicional a uno circular no se logra de la noche a la mañana, requiere de un tiempo relativamente razonable para su desarrollo.

Además, el trabajo realizado por la Fundación Ellen MacArthur es muy importante en el contexto de las distintas actividades que integran a la economía circular. La fundación ha publicado diversos estudios que han sido la ba-

se para la generación de otros, entre los cuales se incluyen la publicación del libro *The Circular Economy: A Wealth of Flows* de Webster en 2015 y una serie de reportes sobre la adopción e implementación de la economía circular en las empresas manufactureras (EMF, 2013a, 2013b; 2014). Asimismo, la Fundación Ellen MacArthur ha realizado diversas colaboraciones con empresas de distintos tamaños y sectores de la actividad económica, autoridades gubernamentales de los tres niveles de gobierno, investigadores, académicos y profesionales de la industria; los cuales están aprovechando las oportunidades para proponer nuevas alternativas de mejora de las actividades de la economía circular (Lacey y Rutqvist, 2015).

Figura 4. Comparación de un modelo de negocio tradicional y un modelo de negocio circular.

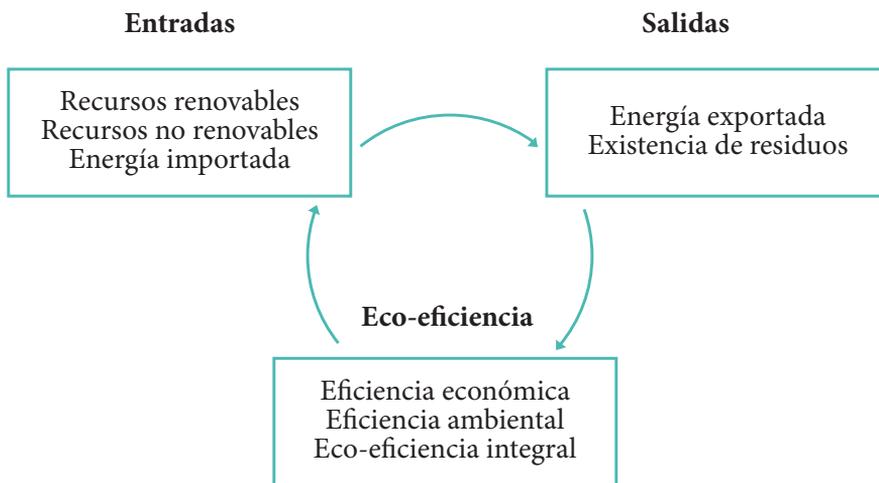


Fuente: Adaptado de Geissdoerfer *et al.* (2018).

De igual manera, el concepto de la economía circular ha incrementado exponencialmente su nivel de análisis y discusión entre las autoridades gubernamentales, influenciando a los gobiernos locales, regionales, nacionales e in-

ternacionales a su adopción e implementación (Geissdoerfer *et al.*, 2017). Así, Alemania es uno de los países pioneros en la integración de la economía circular en la legislación nacional a partir de 1996, cuando se promulgó por primera vez la Ley del Cierre del Ciclo de las Sustancias y la Gestión de los Residuos (Su *et al.*, 2013). Posterior a esta importante promulgación, Japón en el año 2002 difundió una Ley Básica para el establecimiento de una Sociedad Basada en el Reciclaje (METI, 2004), seguido de China que en 2009 divulgó la Ley para la Promoción de la Economía Circular de la República Popular de China (Lieder y Rashid, 2016), pero lo más notable en la incorporación de la economía circular en las leyes de los países podría ser la Aprobación de la Economía Circular en la totalidad de los países que integran la Unión Europea en 2015 (EC, 2015).

Figura 5. Modelo de medición de la economía circular.

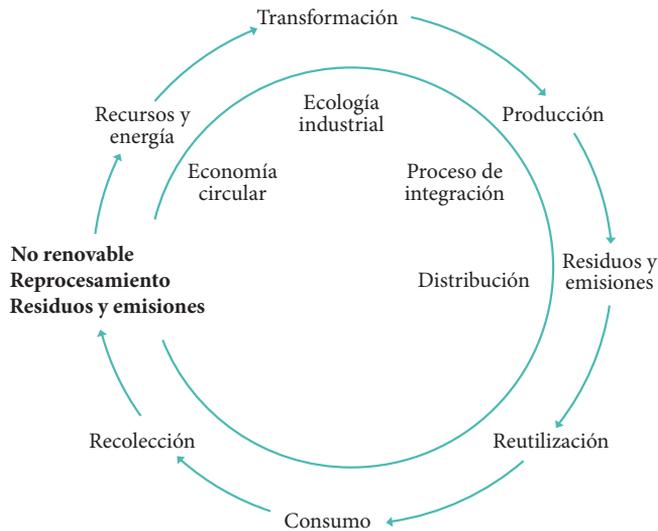


Fuente: Adaptado de Liu *et al.* (2019).

La figura 5 muestra una propuesta de un modelo de medición de la economía circular en el cual se establece un nivel de entrada que se compone de los recursos renovables, los no renovables y la energía utilizada durante el proceso de producción. Una vez que se fabrican los productos por parte de las empresas manufactureras, se genera una serie de residuos los cuales generalmente son reutilizados nuevamente en el proceso de producción o en la generación de

nuevos recursos necesarios en el proceso productivo, mejorando con este tipo de actividades la ecoeficiencia de las actividades de producción. Asimismo, el modelo establece un nivel de salida que, esencialmente, es compuesto por los diversos productos hechos por las empresas manufactureras, los cuales no solamente son amigables con el medioambiente, sino que también mejoran significativamente el nivel de desarrollo sustentable de la organización. A través de la ecoeficiencia en las actividades económicas, medioambientales y sociales, se pueden generar como resultados un mayor nivel de rendimiento económico y financiero para las empresas.

Figura 6. Integración de la economía circular en la ecología industrial.



Fuente: Adaptado de Liu *et al.* (2019).

Finalmente, durante los últimos cinco años, el concepto de la economía circular ha recibido mucha atención en distintos niveles entre los que destacan las autoridades gubernamentales, los colegios de profesionistas, las cámaras empresariales y la comunidad científica y académica a nivel global (Reike *et al.*, 2018). Además, en las revistas especializadas de alto impacto, como es el caso de *Scopus*, la publicación de estudios académicos se ha incrementado en un poco más del 50 % en los últimos cinco años, e incluso se han hecho más

visibles los estudios publicados con la generación de una revista creada para el análisis y discusión de la economía circular llamada: *Journal of Resources, Conservation and Recycling*, en la cual el primer artículo científico sobre la economía circular fue publicado en 2007. Dos terceras partes de un total de ciento una publicaciones científicas que han sido dadas a conocer en la revista durante el período de 2015-2017 abordan la economía circular.

La Figura 6 muestra la integración de la economía circular en la ecología industrial y en los procesos industriales productivos. En ella es posible observar la relación estrecha de las actividades de la economía circular con la ecología y los procesos industriales desarrollados por las empresas manufactureras —entre ellas las que integran la industria automotriz—. El punto de partida de las diversas actividades productivas se encuentra en la utilización tanto de los recursos renovables como de los no renovables (los cuales comúnmente generan una serie de residuos que tienen que ser reutilizados en un elevado porcentaje), sin olvidar las emisiones de distintos contaminantes que tienen que ser reducidos, no solamente para cumplir con las normas medioambientales y las regulaciones gubernamentales, sino también para mejorar significativamente tanto el medioambiente como el desarrollo sustentable de la organización.

Fases de la economía circular

Diversos investigadores, académicos y profesionales de la industria consideran que los orígenes de la economía circular podrían encontrarse desde la aparición de la obra *Tableau Economique* de Quenay publicada en 1758, y en los supuestos sobre la plusvalía de los insumos cíclicos (Murray *et al.*, 2015). Además, los primeros ejemplos publicados en la literatura científica sobre el cierre de los ciclos de los materiales datan del siglo XIX, con la publicación de la investigación realizada por Simmonds (1814-1897) (Cooper, 2011), la cual analiza las actividades del uso de los residuos y los productos petroquímicos industriales (Ayres y Ayres, 1996). Sin embargo, con la llegada de la revolución industrial, emergieron en el mercado una importante diversificación de nuevos productos y uso de materiales y materias primas, lo cual permitió un cambio importante en los procesos de producción de las empresas manufactureras y en el consumo de una variedad de nuevos productos.

Igualmente, después de la segunda guerra mundial la economía de la mayoría de los países sufrió una aceleración exponencial en los procesos productivos. Con ello, la gestión de los residuos derivados de los procesos de producción se convirtió en uno de los principales problemas, debido a la necesidad de encontrar formas para su regulación (Reike *et al.*, 2018). Así, las principales preocupaciones que se tienen desde esos años hasta la actualidad son el control y la reducción de los niveles de contaminación que generan los diversos residuos industriales, ya que los distintos enfoques en la gestión de los residuos siguen fallando (Carter, 2001). Sin embargo, existe desde hace mucho tiempo una clara advertencia del agotamiento de los recursos naturales y límites de crecimiento que un elevado porcentaje de las empresas manufactureras no ha entendido. La publicación del Club de Roma en 1972 es considerada por investigadores, académicos y profesionales de la industria como un elemento decisivo, al inducir el cambio en los procesos productivos a través de tres fases de desarrollo sustanciales, las cuales se presentan en los siguientes párrafos.

Economía circular 1.0 (1970-1990): Manejo de los residuos

La década de 1970, en Europa y Estados Unidos, es considerada como la época de la aplicación de medidas de políticas de control (Otis y Graham, 2000) y del aumento de movimientos sociales ambientalistas. En ellos, el concepto de las *tres erres* (3R) —reducción, reúso y reciclaje—, ganó la atención de investigadores, académicos, profesionales de la industria, empresarios y autoridades gubernamentales (Reike *et al.*, 2018). Las regulaciones efectuadas por las distintas autoridades gubernamentales de los tres niveles del gobierno permitieron una mayor reactivación de los negocios, ya que la mayoría de las medidas en esta década se orientaron prácticamente en la generación de productos y servicios, dejando de lado la prevención de la gestión de los residuos, pero limitando la contaminación del medioambiente a la regla de «quien contamine que pague» (Tyler *et al.*, 2002; Gertsakis y Lewis, 2003).

Sin embargo, la gestión de los residuos generados en los procesos de producción de las distintas empresas manufactureras, se consideró importante con la regulación de los rellenos sanitarios y la incineración de la basura —aun cuando en esta época se carecía de una política de control de los sistemas de manejo de residuos—, sobre todo de aquellas empresas manufactureras que ge-

neraban grandes cantidades de residuos que eran enviados fuera de las fronteras de los países o incluso eran vendidos en los países más pobres (Moyers, 1991). Así mismo, este tipo de prácticas comunes —que realizaban un alto porcentaje de empresas manufactureras— aunado al crecimiento de los medios de comunicación a nivel global, como es el caso de la televisión, permitieron la realización de una amplia difusión de la conexión existente entre los problemas locales y globales, así como que estos problemas afectaban seriamente a las economías de todos los países (Reike *et al.*, 2018).

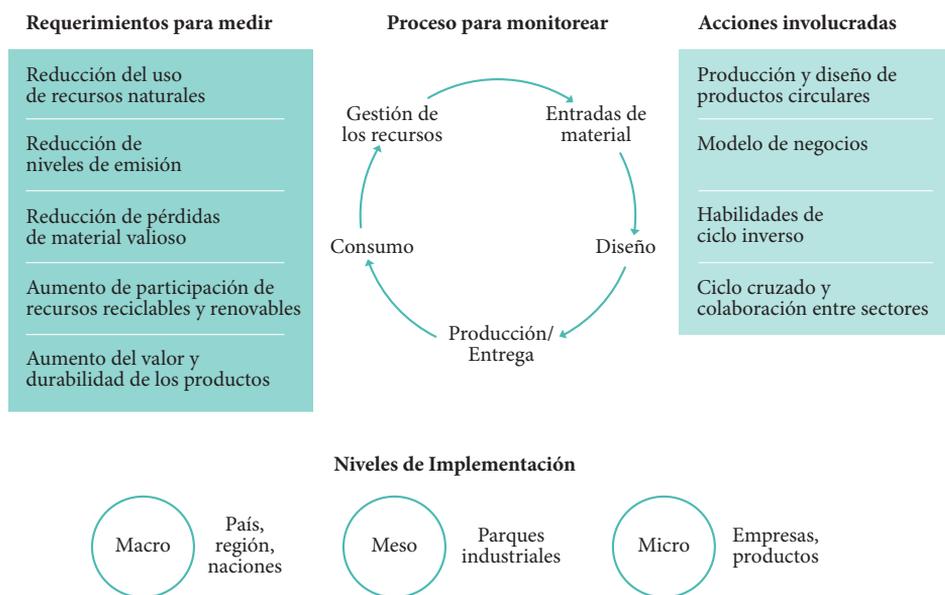
En esta primera fase, la prevención en el manejo de residuos y el ciclo de vida de los productos permitieron la aparición del concepto de la economía circular, el cual fue introducido en la literatura científica para contribuir al pensamiento de sistemas (Gertsakis y Lewis, 2003), por lo cual a partir de esta época es que comienza a incrementarse la publicación de estudios sobre la importancia de la gestión de los residuos y el reciclaje de estos. Es, precisamente, en esta época que se encuentran las raíces del concepto de economía circular. Sin embargo, en la práctica, la medición de los insumos y los resultados de las actividades que integran la economía circular hoy en día no están lo suficientemente conectadas, por lo cual se recomienda a los investigadores, académicos y profesionales de la industria a que orienten sus trabajos e investigaciones hacia la propuesta de modelos que permitan un mayor entendimiento y medición de este tipo de actividades.

A pesar de esta solicitud, la mayoría de los estudios publicados en la literatura de esta época se orientaron esencialmente en las actividades de salida de la economía circular, es decir, en los resultados esperados como, por ejemplo, en los porcentajes de reciclaje de las empresas, los cuales tuvieron un crecimiento exponencial en la década de 1980 debido a la implementación de nuevas medidas de políticas gubernamentales y a esquemas voluntarios de gestión de los residuos y reciclaje de materiales adoptados por diversas empresas manufactureras alrededor del mundo (Bergsma *et al.*, 2014). Así, la literatura científica en este tema trascendental tuvo un crecimiento importante en esta época, analizando y discutiendo, en primera instancia la mejora en el manejo y gestión de los residuos, para después pasar al reciclaje, la separación y recolección de los residuos (Reike *et al.*, 2018). La figura que se presenta a continuación resume las principales actividades de los insumos y resultados de la economía circular.

La figura 7 muestra los requerimientos para la medición de las diversas actividades de insumos y resultados de la economía circular, así como los prin-

principales procesos para monitorear el nivel de manufactura de productos, además de las acciones involucradas en los resultados de estos. De igual forma, la figura 7 presenta los tres niveles de implementación de las distintas actividades de la economía circular, el *nivel macro* referente a la implementación de la economía circular a nivel regional, nacional e internacional; el *nivel meso* referente a la adopción de las actividades de la economía circular a nivel industrial o en parques industriales; y el *nivel micro* referente, esencialmente, a la implementación de la economía circular en las empresas y productos específicos, los cuales comúnmente generan resultados distintos.

Figura 7. Modelo integral de la economía circular.



Fuente: Adaptado de Elia *et al.* (2017).

Economía circular 2.0 (1990-2010): Conexión en entradas, salidas y ecoeficiencia

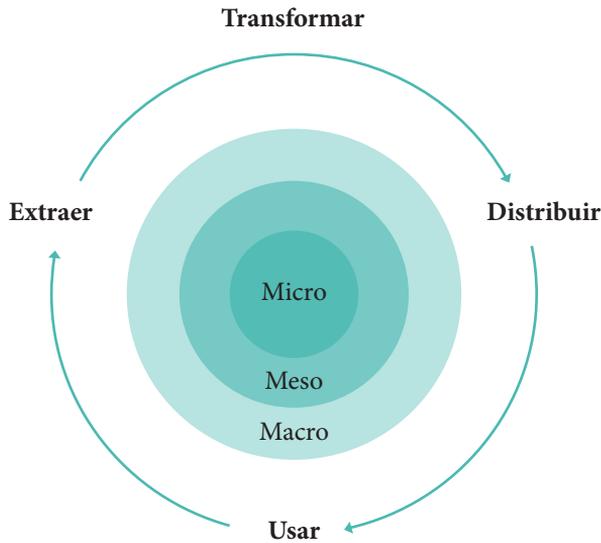
En esta importante fase, se desarrolla una integración entre las medidas preventivas y las medidas de producción de las empresas manufactureras, ya que se fortalece la idea de ganar-ganar entre el medioambiente y la actividad empresarial, tal y como se demuestra en el *Reporte Brundtland* (WCED, 1987), en el cual se promueve constantemente el lema de que la empresa manufacturera que contamine, que pague (Ochsner *et al.*, 1995). Además, con el incremento significativo de los problemas medioambientales en la mayoría de los países del mundo, se genera una oportunidad económica para todas las empresas manufactureras: las empresas que son proactivas se pueden beneficiar no solamente de manera económica sino también obtener un mayor nivel de eficiencia y una mejor reputación (Blomsma y Brennan, 2017), lo cual les permitirá incrementar significativamente sus ventajas competitivas y su participación de mercado.

En este sentido, el pensamiento dominante existente, a finales de la década de 1960 y mediados de la década de 1970, acerca de la reducción absoluta de los costos totales recibió cada vez menos atención por parte de los investigadores, académicos y profesionales de la industria en la literatura científica (Reike *et al.*, 2018). Por el contrario, los conceptos de la economía circular y del ciclo de vida de los productos, comenzaron a recibir más atención de los investigadores y académicos (Reike *et al.*, 2018), a pesar de que los estudios publicados estaban totalmente limitados a un nivel industrial y con un discurso netamente técnico (Graedel y Allenby, 1995), y aunque algunos de esos estudios tenían diversos elementos sociales de innovación e implementación que, en gran medida, fueron negados en ese tiempo por distintos investigadores, académicos y profesionales de la industria (Vermeulen, 2006).

Asimismo, en estudios posteriores publicados en la literatura se incorporaron otros elementos de las actividades que integran la economía circular, como es el caso del diseño para mejorar el medioambiente y la sustentabilidad de los negocios. La inclusión de esto permitió prestar una mayor atención a las cuestiones de prevención y eficiencia de las empresas manufactureras —entre ellas las que integran la industria automotriz—, a través del diseño de productos menos contaminantes y más amigables con el medioambiente, lo cual permitiría una reducción significativa de los residuos generados en el proceso de producción (Ayres y Ayres, 1996). Así, el pensamiento en sistemas comenzó a

ganar más la atención de los investigadores y académicos, sobre todo cuando se aportaron datos científicos sobre el calentamiento global, la escasez del agua, la pérdida de una parte importante de la biodiversidad, entre otros problemas globales; pues permitió la creación de un nuevo sentido de urgencia entre la comunidad científica, empresarial y gubernamental durante la primera década del nuevo milenio (Reike *et al.*, 2018).

Figura 8. Ciclo de la economía circular.



Fuente: Adaptado de Prieto-Sandoval *et al.* (2018).

La figura 8 permite una explicación más concreta del planteamiento del ciclo completo de la economía circular. Inicia con la extracción de las materias primas existentes en el medioambiente, las cuales son transformadas por las empresas manufactureras en productos menos contaminantes y totalmente amigables con el medioambiente. Dichos productos, comúnmente son distribuidos a los mercados en los que participan las empresas para que sean adquiridos por los clientes y consumidores. Una vez que se terminó su ciclo de vida útil, se tiene la posibilidad de reusarlos —ya sea en su totalidad o por medio de algunas de sus partes— para incorporarlos nuevamente en el proceso de pro-

ducción. Además, la reutilización de los componentes o partes de los productos en el desarrollo de nuevos artículos se puede realizar en cualquiera de los tres niveles de aplicación de las actividades que conlleva la economía circular: micro, meso y macro.

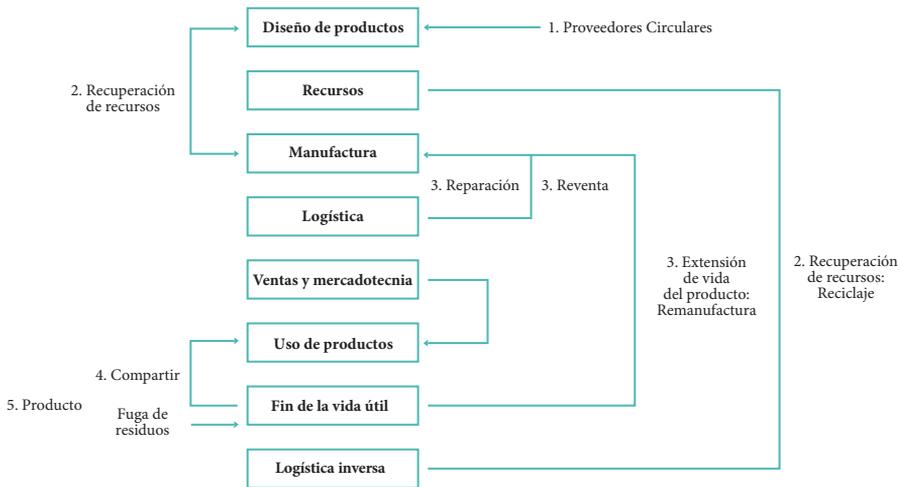
Adicionalmente, algunos investigadores y académicos ya habían publicado diversos trabajos en la literatura científica acerca de la economía de ciclos cerrados desde principios de 1976 (Bourg y Erkman, 2003), y sobre la importancia del concepto de economía circular desde principios de 1960, por lo cual es posible establecer que a partir de esta década es que la economía circular inició con la publicación de estudios prominentes (Murray *et al.*, 2015). Sin embargo, la mayor parte de las publicaciones sobre la adopción de la economía circular inicia prácticamente en la década de 1990, incrementándose significativamente la publicación de estudios con mayor rigor científico a partir del año 2000, pero es a partir del año 2004 que el concepto de la economía circular emerge en la literatura científica como una de las principales estrategias adoptadas por las empresas manufactureras para mejorar el medioambiente y adoptar el desarrollo sustentable.

El análisis y discusión de la mayoría de los estudios publicados a partir del año 2004, se centró en la aportación de evidencia teórica y empírica de la relación existente entre la economía circular y la gestión de los residuos en las empresas manufactureras, incluidas entre ellas las que integran la industria automotriz (Iung y Levrat, 2014; Murray *et al.*, 2015). Por ello, como parte de esta relación, se analizaron a la par la relación entre la economía circular y la logística inversa, la dada entre la economía circular y la cadena de suministro a partir del año 2007, así como la relación de la economía circular con otros constructos importantes relacionados con el nuevo modelo de negocios circular. La figura que se presenta a continuación expone con mayor claridad este tipo de relaciones.

La figura 9 muestra una propuesta de las estrategias de la economía circular en la cual se puede apreciar que existen cinco tipos de estrategias generales, siendo la primera de ellas la referente al diseño de los productos (proveedores circulares). La segunda es la referente a la obtención de los materiales y materias primas necesarios para la elaboración de los productos (recuperación de recursos), y al reciclaje de aquellos componentes o materiales de los productos que son desechados al concluir su ciclo de vida. La tercera es la referente a la remanufactura de los productos (su extensión de vida), con la finalidad de uti-

lizar los residuos generados durante la producción. La cuarta de las estrategias refiere al uso adecuado de los productos (compartir), con la finalidad de alargar lo máximo posible su vida útil. Finalmente, la quinta estrategia es la referente al final de la vida útil del producto y la aplicación de la logística inversa (producto como ser vivo), en la cual se recuperan aquellos componentes necesarios para su reciclaje y remanufactura en nuevos artículos.

Figura 9. Estrategias de la economía circular.



Fuente: Adaptado de Svensson y Funck (2015).

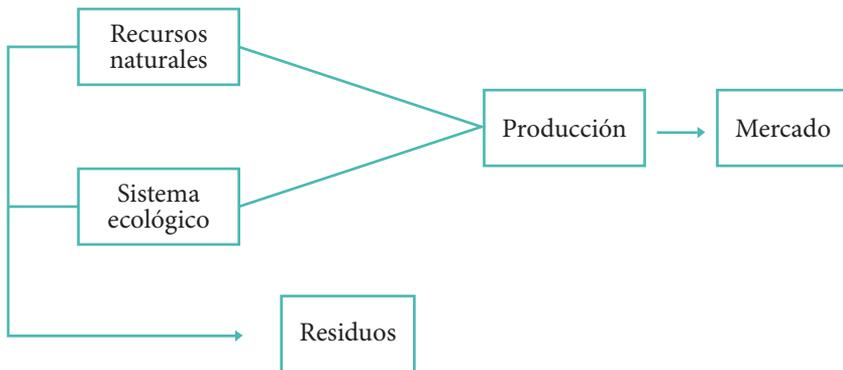
Economía circular 3.0 (2010-2020): Maximización de la retención del valor

Esencialmente, a partir del año 2010 es cuando se gesta un cambio importante en el concepto de la economía circular al combinar elementos antiguos con nuevos elementos, haciendo un nuevo énfasis en el desarrollo sustentable (Blomsma y Brennan, 2017). Mientras que el pensamiento existente en la mayoría de las empresas manufactureras se enfocaba en la obtención de ganancias económicas y financieras, la supervivencia de la sociedad estaba cada vez más amenazada por los cambios climáticos y enfocada en la sustentabilidad

medioambiental, lo cual ocasionó que la población pusiera más atención en la falta de recursos naturales y les diera un valor mucho mayor (Reike *et al.*, 2018). De lo contrario, la escasez de los recursos naturales provocaría un aumento significativo del costo de las materias primas y, por ende, en el precio final de los productos. Pero la preocupación mayor es que, aun cuando el aumento de la población demanda una mayor cantidad de bienes y servicios, actualmente no se tienen los recursos naturales necesarios para cubrir esta demanda.

Asimismo, existe en la actualidad un fuerte temor en que la sociedad no pueda parar de consumir bienes y servicios, y los países no estén en condiciones de poder cubrir la demanda total de estos proveniente de la sociedad, lo cual puede conducir a una sobreexplotación de los recursos naturales existentes (Reike *et al.*, 2018). En este sentido, recientemente se han estado desarrollando nuevos estudios en los que se establece que el concepto de la economía circular cuenta con el potencial para reducir significativamente el uso creciente de los recursos naturales y mejorar la sustentabilidad y el medioambiente (UNEP, 2011), tal y como lo muestra la figura 10.

Figura 10. Flujo de recursos de la economía circular.



Fuente: Adaptado de Liu *et al.* (2019).

La figura 10 muestra el flujo de los recursos en las actividades de la economía circular en las empresas manufactureras. En ella se puede apreciar que los recursos naturales pueden ser reutilizables en el proceso de producción, lo cual mejora significativamente la sustentabilidad y el medioambiente de las co-

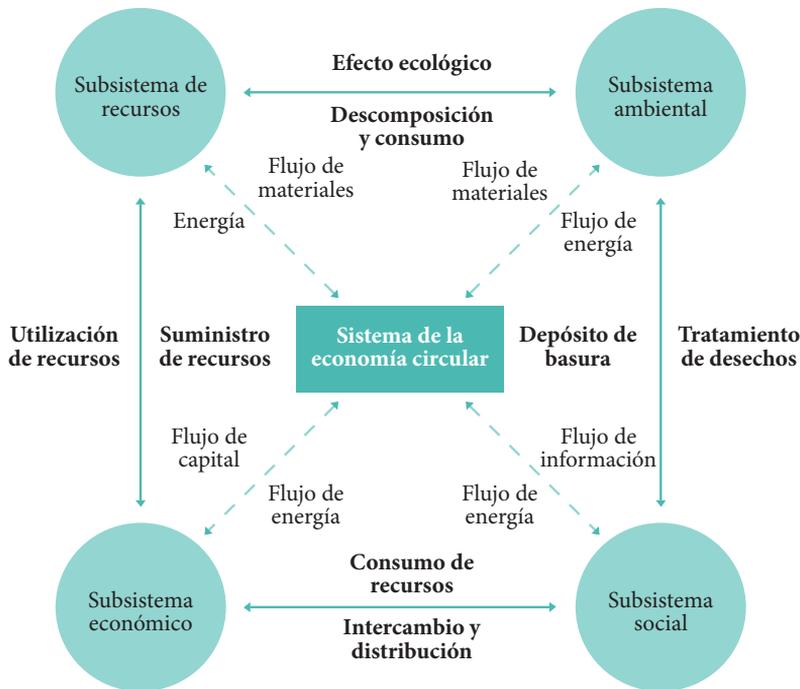
munidades donde se encuentran localizadas las organizaciones (sistema ecológico), pero también los residuos generados en los procesos de producción pueden ser reutilizables en la creación de nuevos productos. Una vez que se han fabricado los productos van al mercado para ser consumidos por la sociedad y al término de su ciclo de vida útil, varios de sus componentes o materiales pueden ser reutilizados en el proceso de producción de nuevos productos, lo cual trae como resultado una disminución significativa en el consumo y la demanda de recursos naturales.

Además, a partir de la segunda década del actual milenio, diversos investigadores y académicos están orientando sus estudios en aportar evidencia teórica y empírica suficiente que permita la validación de la conceptualización de la economía circular, ya que generalmente se considera a la economía circular en la literatura científica como un elemento nuevo y transformador el cual tiene la potencialidad de mejorar significativamente el medioambiente y el desarrollo sustentable (Reike *et al.*, 2018). Por ello, de forma reciente se han estado desarrollando esfuerzos importantes por parte de la comunidad científica, académica y empresarial para mejorar el concepto, por lo cual casi ninguna de las definiciones específicas que se han presentado en la actual literatura es aceptada en su totalidad, necesitando un mayor trabajo en su elaboración y requerimientos (Geng y Doberstein, 2008; Zhu *et al.*, 2010), en su alcance y niveles de aplicación (Su *et al.*, 2013), en la comparación con la economía lineal (Pitt y Heinemeyer, 2015), o en la explicación de los conceptos relacionados (Ghisellini *et al.*, 2016; Murray *et al.*, 2015).

En este sentido, en un estudio publicado recientemente, Geissdoerfer *et al.* (2017) analizaron la relación existente entre sustentabilidad y la economía circular. Derivado de ello, propusieron una definición del concepto de economía circular que ha llamado la atención de la comunidad científica y académica. Estos investigadores colocan a las actividades de las empresas manufactureras en el centro de las actividades de la economía circular y la describen como «un sistema regenerativo en el cual la utilización de los recursos, la reducción de los residuos, emisiones contaminantes y energía son minimizados a través de la disminución en su uso y en la reducción del uso de los materiales y energía en el proceso de producción» (Geissdoerfer *et al.*, 2017: 579). Esto lo pueden lograr las empresas manufactureras a través del diseño de un mayor ciclo de vida de los productos, del mantenimiento, reparación, reúso, remanufactura, reacondicionamiento y reciclaje.

Esta definición de la economía circular contiene algunos nuevos elementos de los cuales se hace énfasis en este período —la relación con la sustentabilidad, la idea de la reducción de los recursos y la reutilización de los materiales se encuentran prácticamente en el centro del análisis—. Además, la retórica de los sistemas regenerativos muestra un avance considerable con los principios de la economía lineal (Iung y Levrat, 2014; Ghisellini *et al.*, 2016). Sin embargo, la distinción de la economía circular es la preservación de varias etapas del valor de los recursos utilizando varios elementos jerárquicos o imperativos, lo cual permite una operacionalización del concepto mucho más actualizada (Reike *et al.*, 2018). Por lo tanto, la conceptualización de la economía circular propuesta por Geissdoerfer *et al.* (2017) no solamente incorpora nuevos elementos, sino que también es la más aceptada y utilizada por investigadores, académicos y profesionales de la industria a nivel mundial.

Figura 11. Diagrama de la estructura de un sistema de la economía circular.



Fuente: Adaptado de Liu *et al.* (2019).

Ya en la década de 1990, diversos investigadores y académicos habían expuesto que la retención de los recursos y la jerarquía de las actividades eran fundamentales para el desarrollo de las actividades de la economía circular (Graedel y Allenby, 1995; Stahel, 2003; Cohen-Rosenthal y Musnikow, 2003). Además, en diversos estudios publicados en la literatura científica, se distinguían con claridad entre tres y cinco etapas de desarrollo del concepto de la economía circular (Graedel y Allenby, 1995; Ayres y Ayres, 1996), y los niveles jerárquicos más enunciados en la actual literatura científica argumentaban que uno de los elementos más importantes que deberían readecuarse en una nueva forma, era precisamente el concepto de la economía circular. La siguiente figura representa con mayor claridad esta jerarquización.

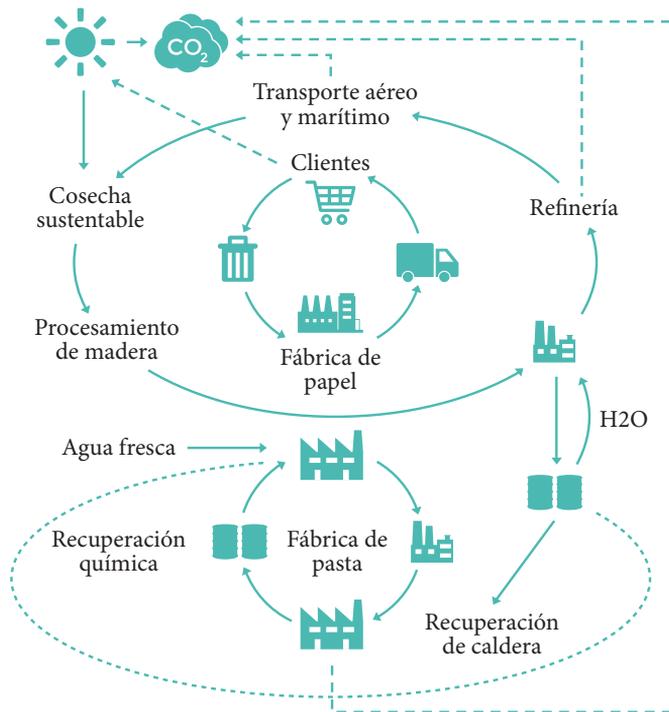
La figura 11 muestra un diagrama de las características de un sistema elemental de la economía circular. En él, se puede apreciar la utilización o suministro de recursos para los subsistemas de recursos y económico, los cuales están estrechamente relacionados con el subsistema social y el subsistema ambiental; los que, a su vez, generan flujos de materiales, capital, energía e información para ser procesados por el sistema de la economía circular y se esté en condiciones de fabricar los productos que demanda la sociedad. Además, el diagrama muestra un tratamiento que se tiene que realizar a los residuos o desechos generados en el proceso de producción de las empresas manufactureras, así como un depósito de la basura, de los cuales se buscará su reciclaje y reúso en la generación de nuevos productos.

Implementación de la economía circular

La actual literatura científica establece que la economía circular no puede ser considerada solo como un nuevo concepto, por el contrario, diversos investigadores, académicos y profesionales de la industria coinciden en la idea de que se trata de un concepto reformista que incorpora iniciativas de sustentabilidad y elementos económicos que lo han convertido en un nuevo paradigma, ya que contiene ciertos niveles de circularidad que han sido institucionalizados en diferentes formas en diversos países del mundo (Reike *et al.*, 2018). Por ello, las actividades de la economía circular han logrado mejorar significativamente los resultados de las empresas manufactureras —entre las que se encuentran las que integran la industria automotriz—, a través de la aplicación de diversos modelos y etapas de implementación con políticas y mediciones enfocadas en obtener mejores niveles de reciclaje, así como mejores metas de reúso, reducción y reconversión de los materiales y productos.

papel en el cual, en primera instancia, ingresa la materia prima, residuos de la materia prima y residuos de papel (reciclado); para la producción de nuevo papel que será enviado al mercado para su consumo. Además, el proceso también establece la cadena de suministro que generalmente se utiliza en la producción manufacturera, donde se apoya a las empresas manufactureras para la recolección de los residuos externos que genera el producto, el reciclaje de estos y el reúso del producto mismo una vez que ha terminado su ciclo de vida, para remanufacturarlo, es decir, convertirlo nuevamente en un producto usable.

Figura 13. Implementación de la economía circular en la producción de biocombustible.



Fuente: Adaptado de Liu *et al.* (2019).

Sin embargo, Chowdhury (2009) asegura que los datos disponibles utilizados para el análisis de los residuos municipales solo estaban disponibles en el apartado del reciclaje de los residuos, pero los datos más recientes disponi-

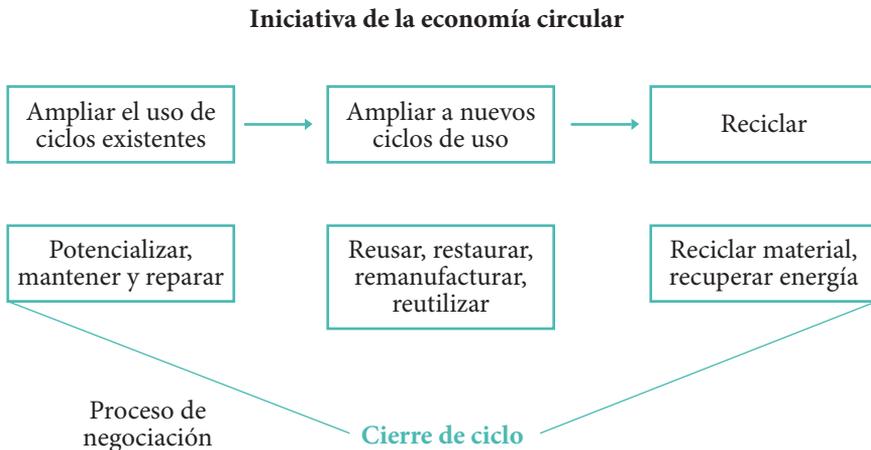
bles vía online de la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos (EPA), en el reporte del medioambiente del 2016, mostró que el reciclaje de residuos se incrementó en un poco más del 34 % en comparación con el obtenido en 2013. Mientras que solamente el 53 % de los residuos sólidos municipales se depositaron en los distintos vertederos (EPA, 2016). En otro estudio publicado con anterioridad, Chen (2013) consideró que durante el período de 1980 a 2010, la tasa de recuperación del aluminio osciló entre un 38 % y un 65 %, mientras que en la actualidad el reciclaje del aluminio oscila entre un 34 % y un 61 %, lo cual permite establecer que la mayoría de los residuos del aluminio no llega a los vertederos municipales, sino que se recicla para incorporarse en nuevos productos.

La figura 13 muestra la implementación de las diversas actividades de la economía circular para la producción de biocombustible. Es posible observar en ella la utilización no solo de los recursos naturales, sino también de los residuos generados durante el proceso de producción y del reciclaje de algunos de los desechos de las personas (recuperación de caldera y recuperación química), para utilizarlos nuevamente como materias primas y convertirlos en biocombustible. Además, la misma figura establece que la utilización del agua fresca para la producción del biocombustible, por lo general, se reutiliza para la producción de la pasta (fábrica de pasta), que será utilizada como materia prima en el proceso de producción, lo cual conlleva a que este tipo de empresas disminuyan significativamente el uso del agua en los procesos de producción del biocombustible.

Asimismo, para el caso de Japón, el reciclaje de los residuos municipales correspondió al 20 % del total de los residuos del año 2006, con una meta del reciclaje del 25 % para el año 2015 (Sakai *et al.*, 2011). Sin embargo, algunos de los objetivos esenciales de reciclaje de materiales específicos para los japoneses en el año 2010 eran: 91 % en vidrio, 62 % en papel, entre el 50 y 70 % en los electrodomésticos, y entre el 40 % y 85 % en los residuos de alimentos. Más ambiciosos eran los objetivos en la industria de la construcción al establecer el reciclaje de entre el 95 % y 98 % del total de los residuos generados en el año 2012, los cuales no fue posible cumplirlos en su totalidad, pero si en un elevado porcentaje, eliminando con ello miles de toneladas de residuos y desechos humanos que no fueron a parar a los vertederos municipales sino a los procesos productivos de diversas empresas manufactureras.

De igual manera, las políticas implementadas en Corea permitieron cumplir con el objetivo de reutilizar los residuos municipales y el reciclaje de ellos en un 61 % del total obtenido en el año 2012. Sin embargo, uno de los países del continente asiático que más ha trabajado en este contexto es China, quien tiene la mejor eficiencia en la gestión de los residuos, sobre todo después de haber implementado el Plan 2011-2015 y las nuevas políticas para el desarrollo de la economía circular. Así, Su *et al.* (2013) encontraron que en las cuatro ciudades más importantes de China: Pekín, Shanghái, Tianjín y Dalián tuvieron resultados importantes en la gestión de sus residuos durante el período de 2005-2010. Además, los residuos sólidos industriales recuperados se incrementaron significativamente entre un 16 % y 34 % durante el mismo período de tiempo, así como el reciclaje de los residuos sólidos municipales que se incrementaron entre un 10 % y 20 %.

Figura 14. Implementación de las iniciativas de la economía circular.



Fuente: Adaptado de Kravchenko *et al.* (2019).

Además, en la municipalidad de Dalián también se incrementaron notablemente la recuperación de los residuos sólidos industriales en alrededor del 96 %, y los residuos sólidos municipales se reciclaron en un 100 % en el mismo período de tiempo. Sin embargo, no existen suficientes datos e información sobre el reúso actual de los residuos sólidos industriales y municipales en la

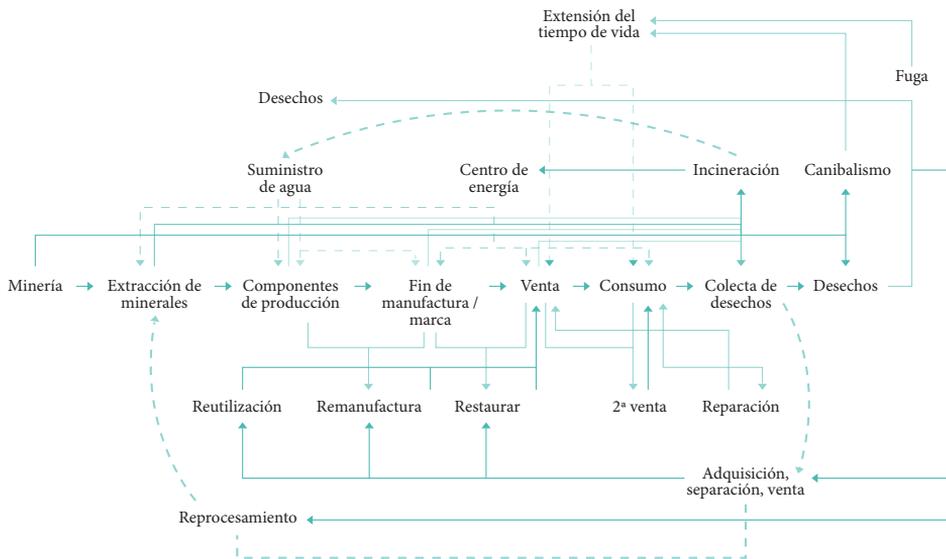
mayoría de las municipalidades de China (Reike *et al.*, 2018). Aun así, Ghosh *et al.* (2016) encontraron que algunos reportes oficiales del gobierno de China mostraban un reciclaje del 28 % del total de los residuos sólidos industriales y municipales generados durante el año de 2016. Esto sin considerar que diversas empresas de China tienen una elevada importación ilegal de desechos electrónicos de otros países, casi del mismo tamaño de la totalidad de reciclaje de residuos sólidos industriales reportados en este año, lo cual indica que la importación de diversos residuos sólidos industriales —entre los que destacan los desechos electrónicos— se está convirtiendo en un buen negocio para muchas empresas de China. La figura que se presenta a continuación expresa con mayor claridad el negocio del reciclaje.

La figura 14 presenta la implementación de las iniciativas de la economía circular aplicables en cualquier tipo de empresa, pero principalmente en el negocio que representa el reciclaje y reúso de los desechos industriales y municipales. Además, se puede observar en la figura que lo que se busca es que los productos manufacturados tengan un tiempo mayor de vida útil a través de su mantenimiento y reparación. Una vez que se ha terminado la vida útil del producto se recupera el material y los elementos que sean pertinentes para reciclarlos e incorporarlos nuevamente en el proceso de producción y generar nuevos productos, lo cual evita significativamente que este tipo de productos terminen en los vertederos municipales y, por el contrario, el reciclaje y reúso de los desechos sólidos industriales y municipales se conviertan en un buen negocio que deja a las empresas que lo implementan excelentes márgenes de utilidad.

Por otro lado, durante la primera década del actual milenio la mayoría de los países que integran la Unión Europea tenían objetivos demasiado ambiciosos, similares a los establecidos en los países anteriormente analizados. Así, en el año 2008 la Directiva de la Gestión de Residuos de la Unión Europea (EC, 2008) incluyó dentro de sus objetivos el 50 % del reciclaje de los desechos domésticos para el año 2020, 70 % del reciclaje de los desechos de la industria de la construcción para el año 2020 y el 85 % del reciclaje de los vehículos para el año 2015 (Sakai *et al.*, 2011). Sin embargo, al interior de la Unión Europea existen claras diferencias entre los distintos países que la integran, ya que los primeros países que iniciaron con la aplicación de las medidas de gestión de los residuos fueron los países del Noroeste de Europa: Dinamarca, Alemania, Holanda y el Reino Unido (EUKN, 2015).

En el caso de Holanda, la prevención de la generación de residuos y el reciclaje de estos, recibieron un fuerte apoyo por parte de las autoridades gubernamentales de los tres niveles de gobierno, desde inicios de 1990 y hasta la actualidad, obteniendo buenos resultados. Así, para un amplio número de productos se desarrollaron políticas específicas de reciclaje (Vermeulen y Weterings, 1997; Vermeulen, 2002), prueba de ello es que en el reporte de la Agencia del Medioambiente Europea (EEA), Milios (2013) se demostró que Holanda había logrado reciclar un poco más del 50 % del total de los desechos municipales en el año 2010, generando prácticamente un porcentaje cercano a cero de los desechos sólidos generados en los hogares y depositados en los vertederos municipales.

Figura 15. Mapa de la implementación de la economía circular.



Fuente: Adaptado de Liu *et al.* (2018).

En una evaluación más reciente de los Planes Nacionales de Gestión de los Residuos 2003-2009 y 2009-2015 de Alemania, Bergsma *et al.* (2014) mostró que, del total de los residuos domésticos generados en el año 2010, 79 % fueron reciclados, 20 % incinerados y solamente 2 % fueron a los vertederos muni-

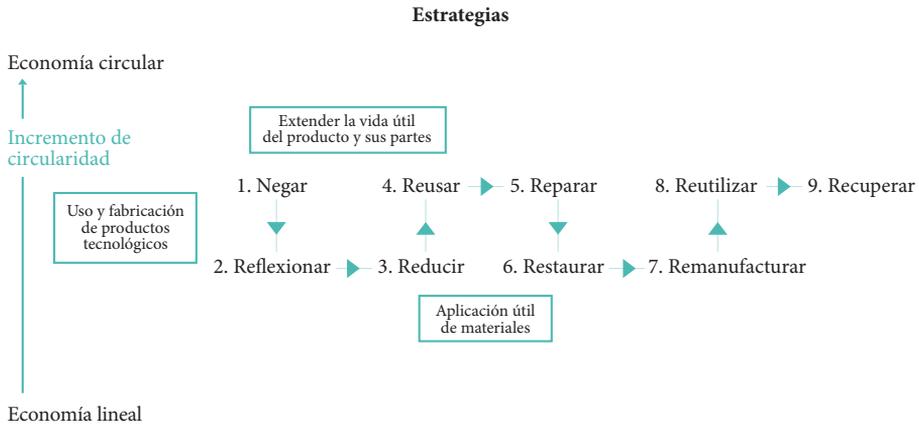
pales, mientras que los residuos generados en la industria de la construcción 98 % de ellos fueron reciclados y solo el 2 % fueron a los vertederos municipales. Es importante resaltar que los residuos domésticos representan un porcentaje mínimo del total de los residuos generados en Alemania (16.6 % en el 2010), en comparación con los residuos de la industria de la construcción (44.7 % en 2010) y de los residuos industriales (28.6 % en 2010). Sin embargo, para el caso de los residuos industriales el reciclaje de estos representó el 88.6 % con un 7 % de incineración y solo un 4 % se depositó en los vertederos municipales (Bergsma *et al.*, 2014). La figura que se presenta a continuación ilustra con mayor claridad esta información.

Además, las políticas implementadas en Alemania mejoraron significativamente las metas de reciclaje de los desechos y residuos industriales en el año 2015, ya que, por ejemplo para varios flujos de residuos de materiales se recicló entre un 85 % y un 97 % (83 % de vidrio, 85 % de papel, 97 % de los vehículos, 95 % de los neumáticos, 95 % del metal doméstico y 97 % de los residuos de la industria de la construcción); y se lograron tasas un poco más bajas para algunos otros flujos de materiales (alrededor del 45 % de la madera y alrededor del 51 % de los residuos de plástico de los hogares), pero en todos los casos se logró un porcentaje bastante significativo en el reciclaje de los residuos y desechos sólidos tanto de los hogares como los industriales, mayores que los que se habían obtenido en los últimos 25 años (Nedvang, 2015; Schut *et al.*, 2015; Vereniging Band en Milieu, 2016; ARN, 2016).

El caso de Alemania es un claro ejemplo de los países que llevan la delantera en la gestión de los residuos y es uno de los países protagonistas en la aplicación de políticas proactivas de gestión y recuperación de los residuos (Reike *et al.*, 2018). Así, en un reporte más reciente por parte de la EEA sobre la gestión de los residuos municipales realizado en 32 países de Europa, ilustra con claridad la brecha existente entre los países europeos, ya que los consumidores de los países del noroeste de Europa generan dos veces más residuos que los consumidores de los países del este de Europa. Así, los porcentajes de reciclaje de los residuos municipales en el año 2010 en los países del noroeste de Europa fueron superiores al 50 %, principalmente, en Austria, Alemania, Bélgica, Holanda y Suiza; e incluso en algunas regiones de estos países alcanzaron entre el 80 y 90 %, mientras que en Rumania, Turquía y Bulgaria no realizaron ninguna actividad de reciclaje tanto de los residuos de los hogares como de los industriales (EEA, 2013).

Recientemente, con la implementación en los países que integran la Unión Europea de una serie de políticas gubernamentales encaminadas a fortalecer las actividades de la economía circular (EC, 2015), la Unión Europea plantea un doble desafío: por un lado apoyar a los países menos desarrollados para que adopten e implementen las actividades de la economía circular y, por otro lado, apoyar a los países más desarrollados para que estén en posibilidades de avanzar a nuevas etapas del desarrollo de la economía circular, aplicando en sus totalidad las nueve erres (9R) que integran las actividades de la economía circular (Reike *et al.*, 2018). La figura que se presenta a continuación resume con mayor detalle la implementación de las nueve erres (9R) de la economía circular.

Figura 16. Implementación de las nueve erres (9R) de la economía circular.



Fuente: Adaptado de Liu *et al.* (2019).

Asimismo, en un estudio más reciente la EEA analizó las políticas de la eficiencia de los recursos materiales en 32 países de la Unión Europea, y llegó a la conclusión de que los países más desarrollados explícitamente promueven la adopción de las etapas de la economía circular con objetivos y metas demasiado ambiciosas, como por ejemplo el reciclaje del 75 % de los residuos domésticos para el año 2020 y el 90 % del vidrio para el 2015 en el caso de Holanda (EEA, 2016a, b), mientras que, para otros países más rezagados en la implementación de las actividades de la economía circular, como es el caso de Lituania, Polonia, Serbia y Eslovaquia; los objetivos y metas del reciclaje de los residuos

municipales tanto de los hogares como los generados por la industria, se establecieron en un 50 % para alcanzarse durante la década de 2020 a 2030 (EEA, 2016a, b), lo cual demuestra las disparidades existentes en la implementación de políticas de desarrollo de las actividades de la economía circular en Europa.

Con estas claras diferencias entre los países europeos, en términos generales el promedio de recuperación y el porcentaje del reciclaje del total de los residuos sólidos de los hogares y de la industria fue del 46 % durante el período de 2012-2014 (EEA, 2016a, b). Este resultado es la mitad de los objetivos y metas que las naciones de Europa pueden lograr en términos de la economía circular. Los datos presentados con anterioridad demuestran claramente una fuerte división entre los países que integran Europa, en términos de los objetivos y metas del reúso y reciclaje de los residuos. Sin embargo, en un estudio reciente realizado por Van Eygen *et al.* (2016), se señala que los países europeos con mayores niveles de ingresos aún no han logrado el establecimiento de estructuras que permitan la viabilidad de la aplicación de las nueve erres (9R) en la totalidad de los desechos de sus materiales, por lo cual siguen utilizando el reciclaje en lugar de reducir las cantidades de materiales utilizados en la fabricación de productos.

En Austria, por ejemplo, en el año 2010 la mayoría de los residuos de plástico fueron incinerados para generar energía, el 46 % de los residuos de la industria del cemento, el 21 % de la industria metalmecánica y el 21 % de la industria química fueron reciclados, granulados y reutilizados en otros procesos productivos (EEA, 2016a, b). Asimismo, el Reporte Europeo de Residuos Cero (ZWE, 2015) mostró que los países que integran la Unión Europea han reducido en alrededor de un 8 % los residuos destinados a los vertederos municipales. Ello, derivado de la aplicación de las políticas nacionales en el período de 2009-2013, y de que países como Alemania, Dinamarca, Holanda y Suecia construyeron incineradores con un exceso de capacidad que, según lo indica la ZWE, pueden duplicar e incluso triplicar la incineración de los residuos de los hogares que aquellos recomendados por ZWE, lo cual permitió una reducción significativa en el porcentaje de reciclaje de los residuos sólidos de los hogares (ZWE, 2015).

Sin embargo, este tipo de ideas sobre la aplicación de la economía circular en el reciclaje y recuperación de los residuos sólidos de los hogares y la industria, es muy complicado aplicarse en los países en vías de desarrollo y de economía emergente, como es el caso de México, porque es muy poca la infor-

mación disponible para poder realizar adecuadamente un buen análisis, ya que de acuerdo con Díaz (2017), las principales causas de ello son la escasa implementación de las actividades de la economía circular en este tipo de países, la falta de voluntad política de las autoridades gubernamentales de los tres niveles, la falta de una política de gestión de los residuos a nivel nacional, la falta de reglas y regulaciones de los residuos, la insuficiencia de fondos económicos dedicados a la promoción de la adopción e implementación de la economía circular y la ausencia de expertos y educadores en todos los niveles. La figura que se presenta en seguida ilustra este tipo de información.

Figura 17. Implementación de un modelo de la economía circular.

		Asignación de recursos			
Capacidades competitivas de la economía circular	Material saludable	2.24 (44.8%) Muy bajo	2.87 (57.4%) Medio bajo	4.72 (94.4%) Muy alto	Rendimiento de circularidad (ventaja competitiva)
	Reutilización de material	3.22 (64.4%) Medio	3.58 (71.6%) Medio alto	4 (80%) Alto	
	Energía renovable	2.29 (45.8%) Bajo	3.54 (70.8%) Medio alto	3.83 (76.6%) Alto	
	Distribución de agua	2.09 (41.8%) Muy bajo	3.65 (73%) Medio alto	4.15 (83%) Alto	
	Equidad social	2.72 (54.4%) Bajo	3.42 (68.4%) Medio	3.91 (78.2%) Alto	
		Búsqueda de recicladoras (convenio o estrategia)	Desarrollo de circularidad (estrategia acumulativa)	Madurez-toxicidad (estrategia de crecimiento)	
		Grado de circularidad			

Fuente: Adaptado de Ünal y Shao (2019).

La figura 17 muestra la implementación de un modelo de economía circular, iniciando con la asignación de los recursos, el cual representa un proble-

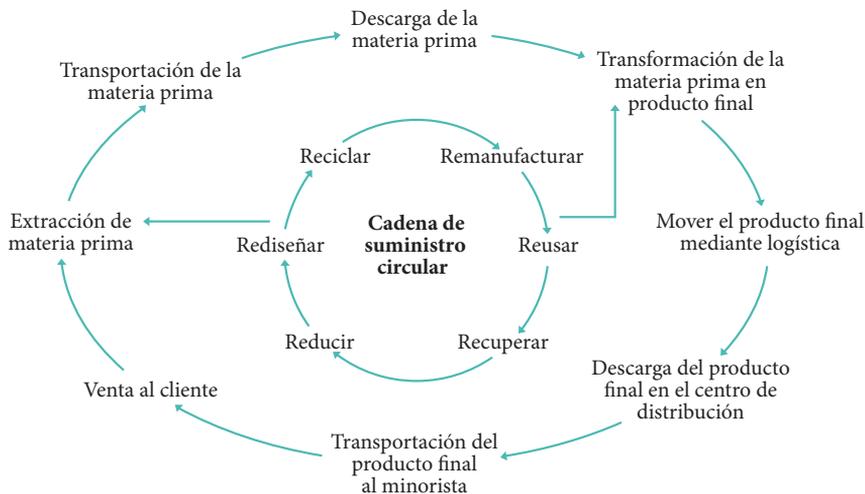
ma porque muchas autoridades gubernamentales e incluso empresarios, no están dispuestos a invertir recursos económicos y financieros. Asimismo, se muestra en la misma figura los tres grados de circularidad que permite la implementación de la economía circular, los cuales tienen un impacto significativo en los cinco niveles de aplicación, desde la utilización de materiales saludables hasta la equidad social, hasta la obtención de las diversas capacidades competitivas que genera la economía circular y el rendimiento de la circularidad (ventajas competitivas). Por lo cual, mientras mayor sea la asignación de recursos económicos para la adopción e implementación de las actividades de la economía circular, mayores serán los resultados obtenidos (capacidades y ventajas competitivas).

La cadena de suministro en la economía circular

En la actual literatura científica existe evidencia teórica y empírica de la relación existente entre la economía circular y la cadena de suministro (Mangla *et al.*, 2019), ya que algunos estudios establecen que la economía circular está estrechamente relacionada con la sustentabilidad (Mani y Gunasekaran, 2018; Govindan, 2018). Sin embargo, el concepto de la economía circular es un tópico relativamente nuevo en la literatura de la industria manufacturera (Huang *et al.*, 2009; Tukker, 2015; Merli *et al.*, 2017), es considerado en la investigación científica como un nuevo concepto que está en crecimiento, que tiene sus raíces en diferentes disciplinas y escuelas del pensamiento (Merli *et al.*, 2017; Blomsma y Brennan, 2017; Bocken *et al.*, 2017); y que en años recientes ha ganado cada vez más importancia entre investigadores, académicos, profesionales de la industria, empresarios y autoridades gubernamentales (Schroeder *et al.*, 2018).

Igualmente, las operaciones sustentables en la cadena de suministro pueden contribuir a mejorar los resultados y el rendimiento en las empresas (Luthra *et al.*, 2017). Este tipo de operaciones son esenciales para la creación de las actividades de la economía circular basada en los sistemas de producción (Mangla *et al.*, 2018a, b), ya que generalmente se orientan en la evaluación detallada del cumplimiento de las actividades de la economía circular, el uso y desempeño de los recursos, los efectos potenciales en el medioambiente y la salud de la sociedad, la cadena de suministro, el ciclo de vida de los productos y la sustentabilidad (Manfrin *et al.*, 2013). Sin embargo, son relativamente pocos los estudios que se han enfocado en el análisis y discusión de las actividades de la economía circular y la cadena de suministro (Yamak *et al.*, 2014; Reike *et al.*, 2018; Tseng *et al.*, 2018; Zhong y Pearse, 2018; Simon, 2019). La figura que se presenta a continuación ilustra la relación entre la economía circular y la cadena de suministro.

Figura 18. Modelo de una cadena de suministro circular.



Fuente: Adaptado de Manavalan *et al.* (2019).

La figura 18 muestra una propuesta de modelo de una cadena de suministro circular, la cual inicia desde la extracción de las materias primas y materiales para transportarlas a las empresas manufactureras para su procesamiento

y generación de productos, los cuales, por lo general, son amigables con el medioambiente. Una vez que las empresas manufactureras transformaron las materias primas en productos aptos para el consumo humano, comienza su proceso de distribución y logística a los distintos centro de distribución y venta final a los clientes y consumidores, para lo cual la cadena de suministro juega un papel fundamental, ya que es a través de ella que los productos estarán en los lugares que se requieren y en el tiempo necesario para su consumo final; de lo contrario si la cadena de suministro falla entonces los clientes y consumidores optarán por la compra de productos alternos o sustitutos, o bien de aquellos productos que se encuentran en los centros de distribución al momento de la compra.

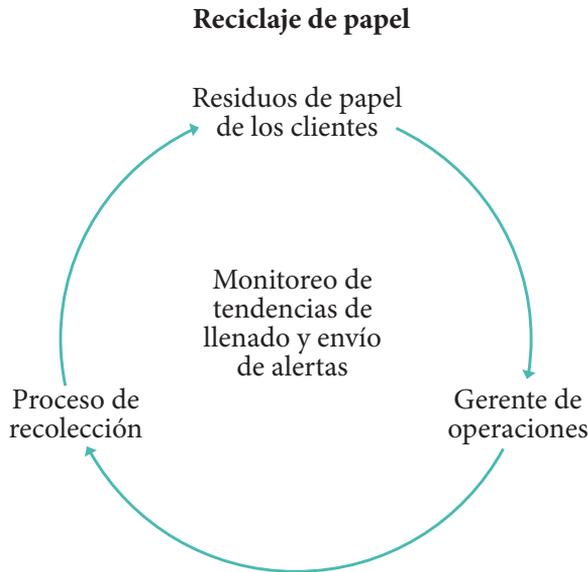
Además, tanto en los países altamente industrializados (desarrollados) como en los países de economía emergente —como es el caso de México— se están adoptando cada vez más distintas estrategias (Aqlan y Al-Fandi, 2018), para motivar a los gerentes de las empresas manufactureras a la adopción e implementación de las actividades de la economía circular en sus empresas (Mirabella *et al.*, 2014; Sehnen *et al.*, 2016). Sin embargo, en la mayoría de los países en vías de desarrollo, habitualmente, las instituciones gubernamentales y las estancias legales tienden a ser más estructuradas y rigurosas en los compromisos que puedan establecer para que las empresas manufactureras implementen procesos de producción más sustentables (Korhonen *et al.*, 2018), pongan en práctica —al interior de sus organizaciones— las actividades que conlleva la economía circular (EP, 2008; Chinese National People's Congress, 2008; EC, 2010, 2011, 2014, 2015a, 2015b; Su *et al.*, 2013; Cucchiella *et al.*, 2015; Ghisellini *et al.*, 2016), así como que apliquen iniciativas que estimulen la logística inversa (Haddad-Sisakht y Ryan, 2018).

De igual manera, de entre los países de economía emergente, el país que más ha avanzado en la implementación de las actividades de la economía circular es Brasil, quien es considerado en la literatura científica como el centro de los agronegocios (UNCTAD, 2017). En dicho país, existe una clara preocupación federal por los efectos que tienen los residuos en el medioambiente, por lo cual se implementó una Política Nacional de Residuos Sólidos en Brasil en el año 2010. Esta guía legal contiene distintos instrumentos importantes que permiten al país avanzar significativamente en abordar los problemas medioambientales, sociales y económicos que provoca la inadecuada gestión de los residuos sólidos generados en los hogares y la industria, buscando con ello mejorar la

gestión de ellos a través del reciclaje y reutilización de los distintos materiales para incorporarlos nuevamente a los procesos productivos.

Asimismo, la mejora en la gestión de los residuos sólidos de Brasil busca tanto la prevención como la reducción en la generación de residuos, la propuesta de hábitos de consumo sustentables y de una serie de instrumentos para incrementar significativamente el reciclaje; y el reúso de los residuos sólidos de los hogares y la industria (Ryen *et al.*, 2018), en ambos casos se recomienda, comúnmente, el pago por el servicio utilizado (Sousa-Zomer *et al.*, 2018). Además, las políticas implementadas por las autoridades gubernamentales de Brasil establecen que la responsabilidad de la gestión de los residuos tiene que ser compartida entre todos los actores que la generan: empresas manufactureras, importadores, distribuidores, comerciantes, ciudadanos y propietarios de las empresas de servicios de gestión de los residuos sólidos urbanos (tales como las empresas de logística inversa y las empresas de reciclaje de papel y cartón). La figura que se presenta a continuación muestra un claro ejemplo de este tipo de actividades.

Figura 19. Reciclaje en una cadena de suministro circular.



Fuente: Adaptado de Manavalan *et al.* (2019).

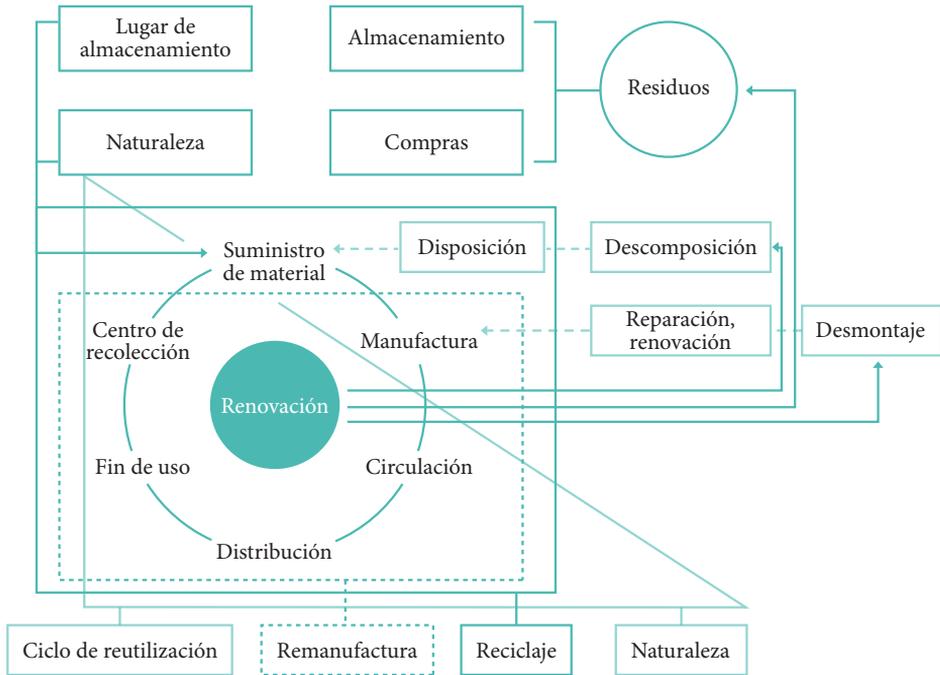
La figura 19 muestra un ejemplo del reciclaje de papel en una cadena de suministro circular, en la cual se establece con claridad el proceso que comúnmente sigue la cadena de suministro para el reciclamiento del papel. Asimismo, se puede observar que una vez que los consumidores han adquirido los productos generados por las empresas manufactureras, depositan los embalajes de estos en un cesto, el cual es recolectado por empresas públicas y/o privadas de reciclaje de los residuos sólidos de los hogares, que posteriormente son llevados a centros de transferencia de residuos para que sean separados aquellos materiales que pueden ser reciclados y reutilizados en los procesos de producción. Además, en la figura también se establece que, a partir de los residuos de papel (al igual de que los demás residuos) es posible generar energía, ya que al depositarse en los vertederos se producen gases que son utilizados en la generación de esta, ya sea para uso doméstico o industrial.

Otro de los países de economía emergente que también ha trabajado en la implementación de las actividades de la economía circular es Escocia. Fue una de las primeras latitudes en adoptar la economía circular, pues recibió un premio internacional por su trabajo en beneficios de esta. El gobierno de Escocia fue designado para obtener el Premio de la Economía Circular de los gobiernos, ciudades y regiones del planeta, presentado en el Foro Económico Mundial en Davos en el año 2017. Asimismo, a nivel empresarial es esencial para los gerentes de las empresas manufactureras gestionar adecuadamente los diversos factores críticos que afectan las iniciativas de sustentabilidad de las organizaciones, ya que este tipo de factores críticos requieren de un monitoreo continuo y de acciones contundentes por parte de los directivos de las empresas manufactureras, en el sentido de mantener y/o mejorar significativamente la economía circular, así como el nivel de competitividad de las organizaciones (Rockart, 1979).

Además, la economía circular generalmente se relaciona con las actividades de innovación y con la necesidad de desarrollar nuevos modelos de negocio, que permitan mejorar significativamente las actividades de sustentabilidad. Por lo cual, las actividades de la economía circular contienen aspectos innovadores que a menudo encuentran diversas barreras organizacionales al interior de las empresas manufactureras (Long *et al.*, 2018). Por lo tanto, es fundamental la identificación de los factores críticos para el éxito de la economía circular en las empresas manufactureras, ya que ello les permitirá priorizar los recursos y ajustar la gestión de los residuos que se generan en el proceso productivo

de acuerdo con los principios que marca la economía circular y, precisamente, uno de los factores críticos para la adecuada implementación de las actividades de la economía circular en las empresas manufactureras es la cadena de suministro. La figura que se presenta a continuación muestra la estructura de una cadena de suministro circular sustentable.

Figura 20. Estructura de una cadena de suministro circular sustentable.

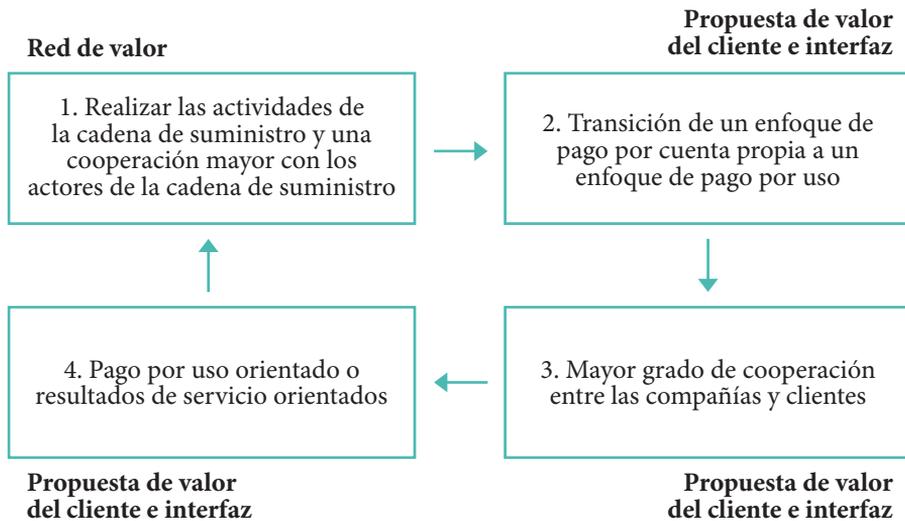


Fuente: Adaptado de Kazancoglu *et al.* (2018).

La figura 20 muestra una estructura básica de una cadena de suministro circular sustentable y se puede observar que no solamente en el proceso productivo se generan residuos, sino también en los centros de almacenamiento de los productos, los cuales generalmente se recuperan para que formen parte del proceso productivo como materiales y/o materias primas y así, generar nuevos productos. Además, la cadena de suministro circular juega un papel fundamental en el desarrollo de las actividades de la economía circular, ya que

es la encargada de suministrar las materias primas y materiales necesarios para el proceso de manufactura, la distribución y logística de los productos para llevarlos a los centros de venta y para que los consumidores puedan adquirirlos en las cantidades, presentaciones y en el momento en que lo requieren, de lo contrario optarán por la adquisición de productos alternos o de los ofrecidos por los principales competidores, lo cual puede ocasionar pérdidas económicas a las empresas manufactureras.

Figura 21. Implementación de la economía circular en un modelo de negocio.



Fuente: Adaptado de Urbinati *et al.* (2017).

Adicionalmente, en la literatura científica diversos investigadores, académicos, profesionales de la industria, empresarios y responsables políticos asumen la existencia de una estrecha relación entre los resultados de la organización y las características de gestión adoptadas por los líderes de las empresas manufactureras (Hambrick, 2007). Por lo cual, la gestión que realicen los directivos de las empresas manufactureras y los factores críticos para lograr el éxito de las organizaciones que identifiquen, frecuentemente estarán estrechamente relacionados con las diferentes actividades que integran la economía circular y la cadena de suministro (Pitkanen *et al.*, 2016). Por ello, la identifica-

ción precisa de los factores críticos para el éxito de las empresas manufactureras es vital. Estos factores tienen que estar alineados con la sustentabilidad de la cadena de suministro y de las actividades productivas de la organización, ya que el cuidado del medioambiente y la mejora del desarrollo sustentable son premisas esenciales tanto de las actividades de la economía circular y de la cadena de suministro (Jabbour *et al.*, 2015), como de la generación de un nuevo modelo de negocio más sustentable. La figura que se presenta a continuación muestra la estructura de un modelo de negocio más sustentable.

La figura 21 muestra la implementación de las actividades de la economía circular en un modelo de negocio más sustentable. En esta, se puede observar que el nuevo modelo de negocio está integrado prácticamente por cuatro componentes básicos. En primera instancia se encuentra la *red de valor* la cual establece la cooperación que debe tener la empresa manufacturera con todas las empresas que participan en la cadena de suministro de sus productos (de ello dependerá en un elevado porcentaje el éxito de la organización). En segunda instancia se encuentra la *propuesta de valor del cliente (A)*, la cual establece, esencialmente, que se genere la propuesta de productos en los cuales los clientes y consumidores no necesariamente tienen que pagar por la obtención del producto, sino solamente por el uso que se le dé al producto, es decir, que no tenga la propiedad, sino solamente una renta de este.

En tercera instancia se encuentra la *propuesta de valor del cliente (B)*, la cual plantea el establecimiento de un mayor grado de cooperación entre las empresas manufactureras y sus clientes y consumidores. Mediante esa cooperación, las empresas manufactureras no solamente estarán en condiciones de ofrecerles ciertos productos a sus clientes y consumidores, sino que también les puedan ofrecer una serie de servicios o productos alternativos para un mayor nivel de satisfacción de dichos clientes y consumidores. Finalmente, en cuarta instancia se encuentra la *propuesta de valor del cliente (C)*, la cual establece que tanto los clientes como los consumidores puedan pagar solamente por los resultados de los servicios que se han proporcionado, es decir, el pago es tribaría, por ejemplo, solo por los kilómetros recorridos o los días de utilización de un vehículo.

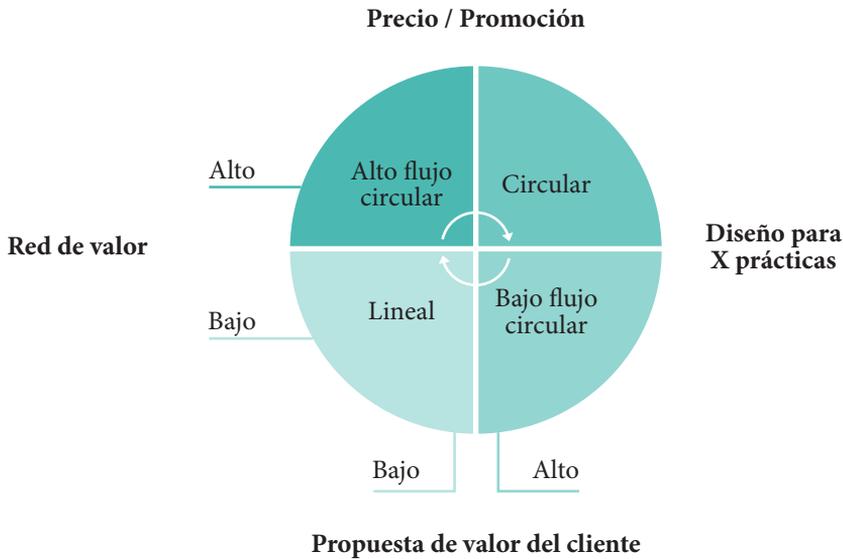
A pesar de la existencia de una estrecha relación entre las actividades de la economía circular y la cadena de suministro, son relativamente pocos los estudios publicados en la actual literatura científica que analizan ambos constructos, por lo cual es importante que la comunidad científica oriente sus

investigaciones en aportar evidencia teórica y empírica que demuestre la importancia de esta relación. Además, es importante que los estudios estén enfocados en ofrecer elementos que permitan una identificación de los factores críticos del éxito de las empresas manufactureras, de tal manera que faciliten a las organizaciones la implementación, tanto de las actividades de la economía circular como de la cadena de suministro, ya que ello será sustancial para que los directivos de las empresas manufactureras diseñen las estrategias empresariales o ajusten sus actuales estrategias para mejorar esos factores críticos y las organizaciones puedan lograr más y mejores resultados con la adopción de la economía circular.

Asimismo, en la actual literatura científica la comunidad reconoce que las actividades que integran la economía circular están asociadas generalmente con las características de los directivos de las empresas manufactureras y con la identificación de los factores críticos para el éxito de las organizaciones, los cuales determinan —en un elevado porcentaje— el nivel de proactividad en la adopción e implementación de la economía circular al interior de las empresas manufactureras (Sehnm *et al.*, 2019). Además, los directivos deberán tener un compromiso con la implementación de la economía circular en términos de su cultura y de la legislación vigente (Sehnm *et al.*, 2019), ya sea esta legislación local, regional, nacional o internacional, las cuales le permitirán a las organizaciones cumplir con los estándares y las reglas del cuidado del medioambiente y la sustentabilidad.

Finalmente, los directivos de las empresas manufactureras tendrán que buscar alternativas para que la implementación de las actividades de la economía circular al interior de las compañías sea visible, no solamente para los trabajadores y empleados de la organización, sino también para sus clientes, consumidores y principales socios comerciales, lo cual podrá lograr a través de la una adecuada gestión de la cadena de suministro, ya que de ello dependerá el nivel que pueda alcanzar la economía circular. Por lo tanto, los directivos de las empresas manufactureras tienen que conocer con mayor nivel de profundidad la importancia y los beneficios de la adopción e implementación de las actividades de la economía circular, de tal manera que les permita obtener más y mejores resultados empresariales, lo cual les facilitará el tránsito de un negocio tradicional a un nuevo negocio sustentable. La figura siguiente ilustra los distintos modelos de la economía circular que se pueden implementar en las empresas manufactureras.

Figura 22. Implementación de los cuatro modelos de la economía circular.



Fuente: Adaptado de Urbinati *et al.* (2017).

La figura 22 muestra la implementación de los cuatro modelos de la economía circular en las empresas manufactureras. En ella, se puede observar que el primer modelo (alto flujo circular) sería lo deseable que tuvieran las empresas manufactureras, porque indicaría que estarían implementando adecuadamente todas aquellas actividades que conlleva la economía circular. El segundo modelo (circular) muestra que es la etapa inicial de la adopción e implementación de las actividades de la economía circular en las empresas manufactureras y que se tiene mucho camino que recorrer en el desarrollo de la economía circular. El tercer modelo (bajo flujo circular) establece el bajo nivel de compromiso que tienen los directivos para la implementación de las actividades que requiere la economía circular. El cuarto modelo (lineal) muestra que las empresas manufactureras están siguiendo un patrón tradicional de gestión de las organizaciones, en el cual no existe ningún compromiso para la recuperación de materiales a través del reciclaje de sus residuos y, mucho menos, proteger el medioambiente y la sustentabilidad.

El desarrollo sustentable en la economía circular

El desarrollo sustentable nunca ha sido un tema prioritario en la agenda global de los países, mucho menos de las empresas manufactureras, pero a partir de la adopción de las metas del desarrollo sustentable por parte del Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas, fue que comenzó a ganar importancia el concepto de sustentabilidad, sobre todo, por la necesidad social de combatir el calentamiento global y de mejorar significativamente el medioambiente y social, así como del desarrollo de la resiliencia económica sustentable (UN, 2015). Esta situación fue más evidente cuando las empresas manufactureras comenzaron a utilizar otras formas de lograr un mejor nivel de sustentabilidad, las cuales fueron desde las consideraciones de la sustentabilidad interna (por ejemplo, mejorar los beneficios internos a través de la creación de un mayor valor para los principales socios comerciales), hasta las consideraciones de la sustentabilidad

externa (por ejemplo, la creación de valor para los clientes, sociedad y colaboradores) (Evans *et al.*, 2017).

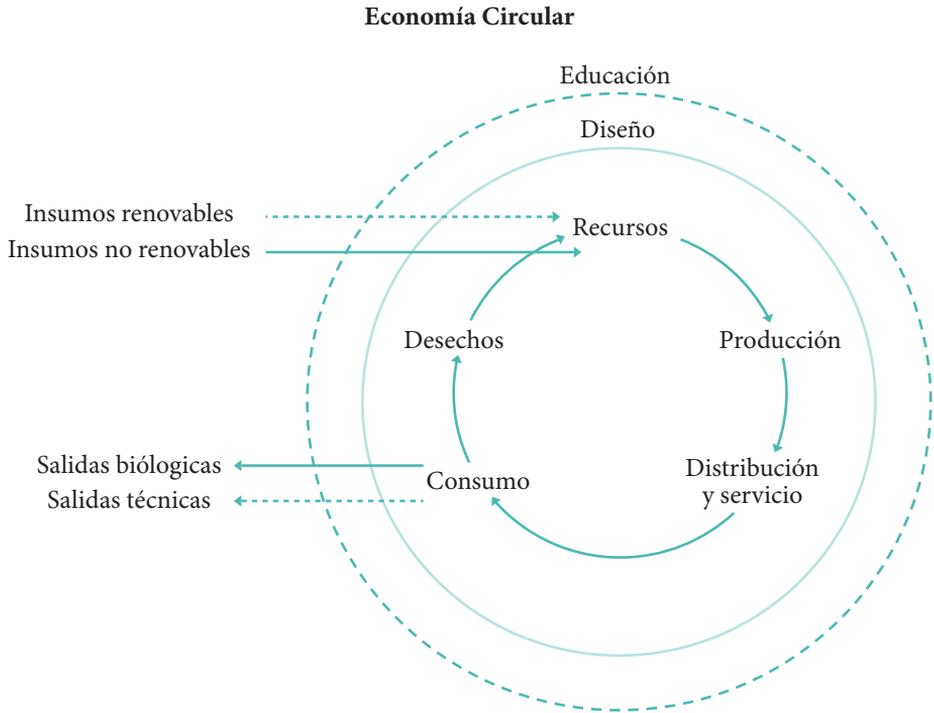
En este sentido, las actividades de la economía circular surgieron en la literatura científica como una nueva forma de mejorar la sustentabilidad medioambiental y el desarrollo sustentable, al considerarse como un nuevo paradigma económico e industrial que ofrece diversas estrategias empresariales que se pueden orientar en la creación de nuevos negocios, productos y sistemas con metas específicas de beneficios económicos y sociales a través de la optimización y la valoración real de los recursos (EMF, 2015; Murray *et al.*, 2017). Así, diversos investigadores, académicos, profesionales de la industria, empresarios y autoridades gubernamentales consideran a la economía circular como una herramienta excepcional que facilita no solo la mejora del nivel del desarrollo sustentable, sino también la oportunidad para la creación de nuevos empleos, la maximización y eficiencia de los recursos y el desarrollo de nuevos mercados para el crecimiento de las empresas manufactureras (WBCSD, 2010; EMF, 2015; Korhonen *et al.*, 2017).

Asimismo, las actividades de la economía circular pueden ser implementadas en las empresas manufactureras a *nivel de producto* —a través del diseño de productos que tengan una mayor duración en su utilización y ciclo de vida, o por medio de la facilitación de su reuso, reparación, remanufactura o reciclaje de los productos, partes y materiales que han sido desechados— (Den Hollander *et al.*, 2017); a *nivel de la producción* —a través de la orientación en la eficiencia de los materiales, el uso de la energía y de los procesos, además de la utilización materiales y materias primas renovables y no tóxicas— (EMF, 2015; Ghisellini *et al.*, 2016; Murray *et al.*, 2017); y a *nivel estratégico* —a través del fomento e implementación de innovadores modelos de negocios circulares y del desarrollo de una cadena de suministro mucho más sustentable— (Masi *et al.*, 2017; Geissdoerfer *et al.*, 2018).

Sin embargo, a pesar de los múltiples beneficios que genera la economía circular a las empresas manufactureras, es importante destacar que no todos los modelos de la economía circular que se presentan en la literatura científica son intrínsecamente sustentables, y no necesariamente todos ellos ofrecen soluciones circulares (Agrawal *et al.*, 2012; Allwood, 2014), ya que, por ejemplo, el arrendamiento de productos no es automáticamente sustentable (Agrawal *et al.*, 2012), pues el arrendamiento generalmente conlleva una mayor frecuencia en el reemplazamiento de los productos y, con ello, un incremento

significativo en el nivel de producción (Kravchenko *et al.*, 2019). La figura que se presenta a continuación ilustra mejor esta información al presentar un modelo de economía circular sustentable.

Figura 23. Modelo de economía circular sustentable.



Fuente: Adaptado de Suarez-Eiroa *et al.* (2019).

La figura 23 muestra la propuesta de un modelo de economía circular sustentable, y se puede observar el ingreso tanto de insumos renovables como de insumos no renovables dentro del proceso de producción. Ambos tipos generan una diversidad de productos. Los cuales, posteriormente son distribuidos a los centros de consumo para que sean adquiridos por los clientes y consumidores finales. Además, los productos generados por las empresas manufactureras pueden ser biológicos o técnicos, es decir, no necesariamente todos los productos que se generan en una determinada empresa son amigables con el

medioambiente, aunque lo que se busca con la implementación de las actividades de la economía circular es que sí lo sean. Pero, independientemente del tipo de producto, se generan una serie de desechos y residuos sólidos que deberán ser reutilizados y reciclados en el proceso de producción para evitar, en lo posible, que sean llevados a un vertedero municipal para su desecho.

Por otro lado, existe un elevado riesgo de incremento adicional de la materia prima y materiales en la producción de productos para su arrendamiento, ya que ello tendría un impacto en alguna de las etapas del ciclo de vida de los productos, así como en el uso excesivo de energía para la producción de estos, o bien el uso excesivo del transporte para llevar los productos del centro de producción a los centros de distribución y consumo (Van Buren *et al.*, 2016). Así, por ejemplo, es mucho mejor la utilización de materias primas y materiales reciclados y vírgenes en la producción manufacturera de productos, lo cual puede contribuir a una reducción importante del consumo de materias primas vírgenes e incrementar significativamente el ciclo de vida de los productos, lo cual garantizaría que, en un futuro cercano, se disminuyera también la cantidad de desechos y residuos domésticos e industriales.

Sin embargo, el reciclaje de los productos una vez que ha terminado su ciclo de vida es una tarea muy complicada y, en algunos casos, casi imposible, ya que ello requeriría de una demanda y uso mayor de energía y una cantidad mayor de residuos generados en el proceso del reciclaje, por lo cual se tienen que evaluar detenidamente estas posibles alternativas. Además, existen en la actual literatura científica diversos estudios que analizan y discuten la importancia del reciclaje de los residuos, pero son relativamente pocos los que se han orientado en el análisis de los consumidores, la cadena de suministro y los nuevos modelos de negocios como elementos facilitadores de las prácticas de la economía circular (Lieder y Rashid, 2015; Ghisellini *et al.*, 2016; Kirchherr *et al.*, 2017). Por lo cual, diversos profesionales de la industria han sugerido que en primera instancia se entienda bien qué es la economía circular antes de la implementación de cualquier modelo de la economía circular en las empresas manufactureras (Cayzer *et al.*, 2017; Kirchherr *et al.*, 2017), para conseguir que sea mucho más efectiva.

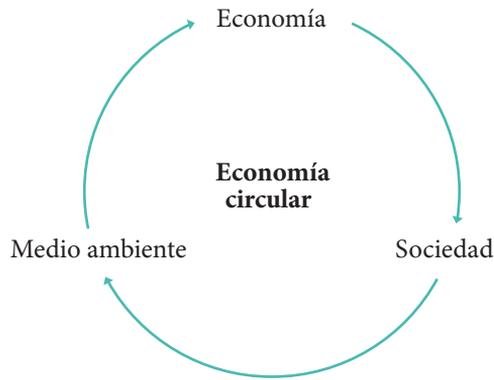
Asimismo, diversos investigadores y académicos han analizado y discutido la relación existente entre las actividades de la economía circular y la sustentabilidad, encontrando principalmente que la economía circular efectivamente contribuye, de manera significativa, a mejorar la sustentabilidad medioambiental y el desarrollo sustentable de las empresas manufactureras, particular-

mente en beneficio de la sociedad en general (Murray *et al.*, 2017; Moreau *et al.*, 2017). Autores como Sauvé *et al.* (2016) encontraron en su respectivo trabajo de investigación que las diversas actividades de la economía circular pueden ser conceptualizadas como un enfoque de abajo hacia arriba, mientras que la sustentabilidad puede ser conceptualizada como un enfoque de arriba hacia abajo, pero ambos constructos se relacionan uno con el otro lo cual, evidentemente, mejora, de modo importante, los resultados en las empresas manufactureras.

Además, las empresas manufactureras tienen que ser más sustentables para que se les facilite el tránsito de una economía lineal a una economía circular, por lo cual los directivos de las organizaciones necesitan apoyarse en expertos para realizar una evaluación de cómo implementar las actividades e iniciativas de la economía circular al interior de las empresas manufactureras, de tal manera que puedan contribuir elocuentemente tanto a la sustentabilidad medioambiental como al desarrollo sustentable (Kravchenko *et al.*, 2019). Por ello, el objetivo esencial de la herramienta de evaluación del nivel de sustentabilidad de las empresas manufactureras es darle soporte al proceso de la toma de decisiones, así como permitir la comparación de la implementación de las distintas iniciativas y actividades de la economía circular en los procesos de la organización, ya que esto permitirá una mayor contribución tanto al crecimiento económico como a la integridad medioambiental y social de las empresas manufactureras (Kravchenko *et al.*, 2019).

Asimismo, la herramienta de evaluación del nivel de sustentabilidad de las organizaciones deberá emplear un enfoque basado en indicadores elementales de resultados, de tal manera que permita una clara evaluación de los tres aspectos esenciales que integran el desarrollo sustentable: económico, social y medioambiental; y provea de aquella información necesaria para la toma de decisiones y la evaluación de las actividades de la economía circular (Rotmans, 2006; Joung *et al.*, 2012). Las herramientas de evaluación de la sustentabilidad deberán generar bases de datos de las actividades relacionadas con la sustentabilidad, como pueden ser las actividades de la economía circular y los indicadores de rendimiento de las empresas manufactureras tales como los procesos de los negocios, las estrategias de la economía circular y el rendimiento económico. La figura que se presenta a continuación ilustra adecuadamente esta información y presenta la relación existente entre la economía circular y el desarrollo sustentable.

Figura 24. Relación de la economía circular con el desarrollo sustentable.



Fuente: Adaptado de Suarez-Eiroa *et al.* (2019).

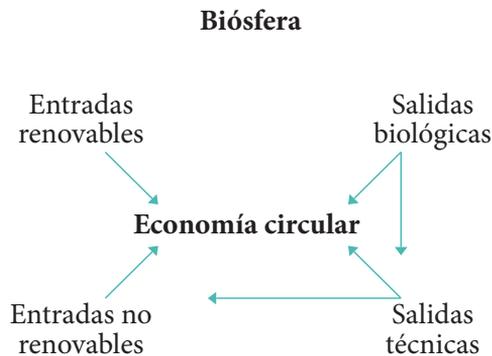
La figura 24 muestra la relación existente entre las distintas actividades de la economía circular y el desarrollo sustentable en las empresas manufactureras. Se puede observar que donde se unen los tres factores que integran el desarrollo sustentable: economía, sociedad y medioambiente, ahí se encuentran las actividades de la economía circular. Así, las actividades de la economía circular tienen efectos significativamente positivos en la sustentabilidad económica, social y medioambiental (desarrollo sustentable) de las empresas manufactureras. La adopción e implementación de la economía circular al interior de las organizaciones permite mejorar el rendimiento económico a través de la reutilización y reciclaje de los residuos generados, tanto en el proceso de producción como en la recuperación de los materiales de los productos una vez que han terminado su ciclo de vida, también mejorando con ello la sustentabilidad medioambiental y social al reducir la cantidad de desechos que se depositan en los vertederos municipales.

Adicionalmente, las actividades de la economía circular frecuentemente son consideradas por diversos investigadores, académicos, profesionales de la industria, autoridades gubernamentales y empresarios como esenciales para mejorar tanto los sistemas como las operaciones sustentables de las empresas manufactureras, así como para incrementar la circularidad de los materiales y materias primas, la optimización de los recursos naturales y la longevidad de los sistemas (Kirchherr *et al.*, 2017), ya que las actividades de la economía cir-

cular pueden ser consideradas como un componente sustancial en la promoción de la sustentabilidad en las empresas manufactureras (Zeng *et al.*, 2017), al mejorar no solamente la gestión de los residuos y desechos de las organizaciones, sino también en la incorporación de actividades de reciclaje de los materiales y materias primas para incorporarlas al proceso de producción para la creación de nuevos productos.

En este contexto, la adopción e implementación de las actividades de la economía circular así como la medición de las diversas prácticas de sustentabilidad relacionadas con la circularidad en las empresas manufactureras, requieren del desarrollo de una serie de leyes y regulaciones que tienen que implementar no solamente las autoridades gubernamentales de los tres niveles de gobierno, sino también los empresarios y la sociedad en general (Pauliuk, 2018), ya que este tipo de prácticas tienen que ser desarrolladas para la disminución de los riesgos que conllevan las actividades de sustentabilidad en las empresas manufactureras. Además, otra vía de lograr una mejora en las actividades de la sustentabilidad de las empresas manufactureras es a través del análisis de los parques industriales y de las dimensiones sociales de la economía circular, así como de la producción sustentable, el cierre de los ciclos de producción, la circularidad de los materiales, los modelos de flujo circular y el compromiso de las empresas (Zeng *et al.*, 2017). La figura que se presenta a continuación ilustra la relación existente entre las actividades de la economía circular y la sustentabilidad.

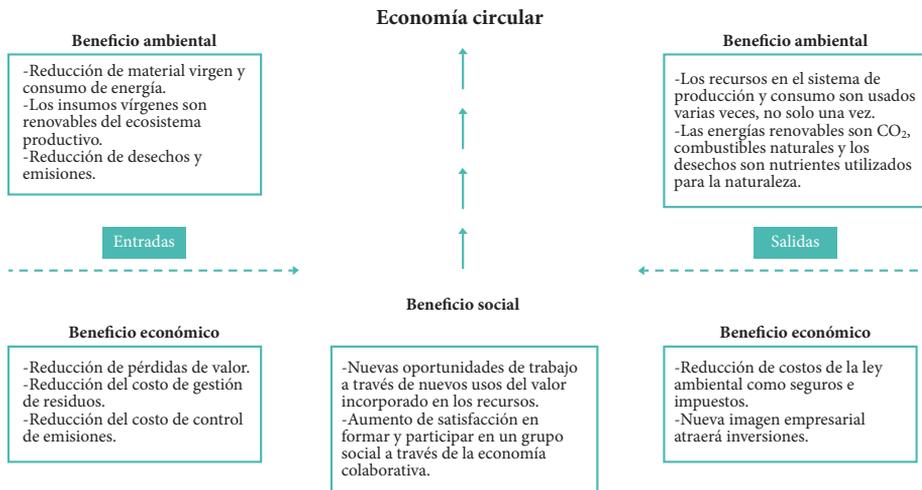
Figura 25. Relación de la economía circular con la sustentabilidad.



Fuente: Adaptado de Suarez-Eiroa *et al.* (2019).

La figura 25 muestra un modelo que establece la relación existente entre las actividades de la economía circular y la sustentabilidad. Es posible observar que, en el proceso de elaboración de productos que son amigables con el medioambiente, se requieren de entradas tanto de materiales y materias primas renovables como de materiales no renovables, los cuales permiten que las empresas manufactureras los conviertan en productos ecológicos que no dañan el medioambiente. Además, también se puede observar la existencia de *salidas biológicas*, las cuales consisten en los desechos y residuos de materiales y materias primas generados en el proceso de producción, que generalmente se reciclan y reúsan en la generación de nuevos productos; así como de *salidas técnicas*, las cuales consisten en la energía utilizada en el proceso de producción y las aguas residuales, que, comúnmente, reciben un tratamiento para volver a ser utilizadas en el proceso de producción de las organizaciones.

Figura 26. Modelo de la economía circular para un mejor desarrollo sustentable.



Fuente: Adaptado de Korhonen *et al.* (2018).

De igual manera, las actividades de la economía circular constituyen una oportunidad para el desarrollo y creación de productos ecológicos que no dañen el medioambiente y que sean sustentables. Para aprovechar dicha oportunidad, las empresas manufactureras deberán adoptar las premisas de la

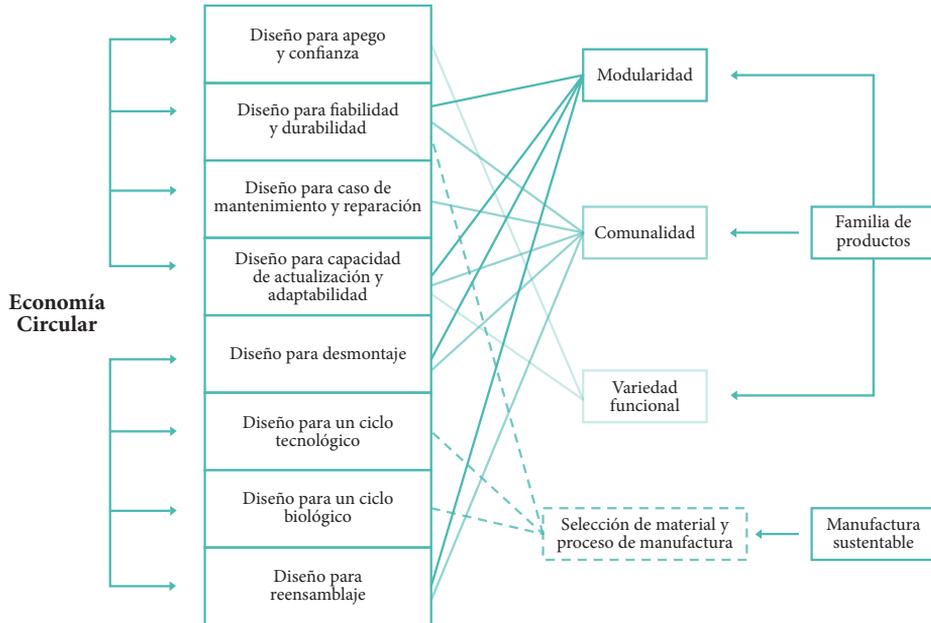
economía circular, las cuales establecen que el diseño de los productos deberá contemplar un incremento en su vida útil (ser más duraderos), la incorporación de materiales que sean reciclables o reutilizables y una adecuada gestión de los residuos generados en los procesos de producción (Gaustad *et al.*, 2018). Adicionalmente, las empresas manufactureras deberán adoptar procesos de creación, manufactura y distribución sustentable que sean soportados por la innovación de servicios para minimizar la utilización de recursos, reducir o eliminar las sustancias tóxicas, así como reducir la generación de residuos y contaminantes (Sudarsan *et al.*, 2010). La figura que se presenta a continuación ilustra adecuadamente este tipo de información.

La figura 26 muestra un modelo de las actividades de la economía circular para la obtención de un mejor desarrollo sustentable en las empresas manufactureras. Es posible observar que la adecuada aplicación del modelo de economía circular requiere, en primera instancia, la reducción significativa de materiales y materias primas vírgenes, así como del consumo de energía, lo cual permitirá la manufactura de productos ecológicos que sean amigables con el medioambiente, generando con ello beneficios ambientales, económicos y sociales (desarrollo sustentable) para la empresa manufacturera, sus principales socios comerciales y la sociedad en general. En segunda instancia, también se puede observar en la figura, la existencia de una salida que conlleva a una reducción significativa de los desechos industriales y las emisiones de contaminantes. Esto se puede lograr a través del reciclaje y reúso de los residuos generados en el proceso de producción para reutilizar los materiales y materias primas en el desarrollo de nuevos productos y reducir el volumen de desechos destinados a los vertederos municipales.

Además, la economía circular también es reconocida en la literatura científica, por investigadores y académicos, como una serie de actividades prácticas que facilitan el cierre de los ciclos de los procesos de manufactura de los productos (Chertow y Ehrenfeld, 2012), ya que transforma los residuos y desechos de una variedad de procesos industriales en materias primas y materiales que son incorporados en nuevos procesos industriales (Domenech *et al.*, 2019). Por ello, este tipo de actividades permite a las empresas manufactureras la transición de un sistema de economía lineal a un sistema de economía circular (Wen y Meng, 2015), lo cual genera un impacto positivo en la reducción de los niveles de la contaminación y emisiones de CO₂, el consumo de energía y la eficiencia en la gestión de los residuos (Gaustad *et al.*, 2018). La figura que se presenta a

continuación ilustra con mayor precisión la relación existente entre la economía circular y el desarrollo de una manufactura sustentable.

Figura 27. Relación de la economía circular y la manufactura sustentable.



Fuente: Adaptado de Mesa *et al.* (2018).

La figura 27 muestra un modelo en el que se relacionan las actividades de la economía circular con la manufactura sustentable. Es posible observar en ella que la economía circular conlleva que el diseño de los productos deberá de cumplir con una serie de requisitos (apego y confianza, durabilidad, mantenimiento y reparación, capacidad de actualización y adaptabilidad, desmontaje, término del ciclo tecnológico, biológico y remanufactura). Estos requisitos buscan garantizar que una vez que los productos cumplan con su ciclo de vida se puedan reciclar algunos componentes y/o materiales, para reincorporarlos en los procesos de manufactura de nuevos productos y generar con ello la menor cantidad de residuos sólidos industriales que tengan como destino los distintos vertederos municipales, reduciendo de esta manera la contaminación

del medioambiente y mejorando el nivel del desarrollo sustentable de las organizaciones. Además, la figura 27 también muestra que, para el proceso de manufactura de productos que no dañen el medioambiente y sean sustentables, las empresas manufactureras deberán realizar una adecuada selección de los materiales y materias primas. También se debe conseguir que los productos sean totalmente funcionales y estén acordes a los gustos y necesidades de los clientes y consumidores para su adquisición. Es decir, los productos tienen que cumplir ambos aspectos, de lo contrario aun cuando la familia de productos de las empresas sean funcionales pero no son amigables con el medioambiente y no incorporan materiales reciclados o de reúso, posiblemente los clientes y consumidores finales prefieran la compra de otro tipo de productos que sí tengan ambas características, lo cual podría generar no solamente serios problemas económicos y financieros a las empresas, sino también poner el riesgo su participación de mercado y su propia sobrevivencia.

Finalmente, el diseño de la familia de productos generados por las empresas manufactureras sustentables tendrá que ser ecológico, prevenir la generación de residuos y rehusar y reciclar la mayor parte de sus componentes, lo cual podría incrementar significativamente tanto el nivel de la productividad de las empresas como la eficiencia en el uso de los recursos (Kalmykova *et al.*, 2018). Además, las actividades de la economía circular comúnmente son concebidas —por diversos investigadores, académicos, profesionales de la industria y empresarios— como una extensión de la vida útil de los productos, de la ecoeficiencia y la mercadotecnia (Kalmykova *et al.*, 2018), ya que estos principios de la economía circular tienen potencial en la contribución de la mejora de la vulnerabilidad que tienen las empresas manufactureras en términos del suministro de materias primas y materiales, al igual que de la gestión de los riesgos que conlleva tanto el desarrollo sustentable como la gestión de los residuos (Gaustad *et al.*, 2018).

En este sentido, la implementación de actividades de la economía circular en las empresas manufactureras genera diversos beneficios como la mejora del desarrollo sustentable, el reúso y reciclaje de materiales y desechos industriales (Jacobi *et al.*, 2018). Además, la economía circular contribuye de manera significativa al crecimiento económico de la sociedad, a través de la creación de nuevas empresas más sustentables, nuevas oportunidades de empleo, ahorro en las materias primas y materiales, así como la reducción del tiempo, impactos y presiones de los productos sustentables (Kalmykova *et al.*, 2018).



La economía circular en la industria automotriz de México

La economía circular es considerada en la literatura como una estrategia empresarial que ayuda a las empresas manufactureras de la industria automotriz a combatir el cambio climático y a promover el desarrollo sustentable, por lo cual recientemente se ha incrementado su atención en la discusión científica, empresarial y gubernamental en el desarrollo industrial (Korhonen *et al.*, 2018). Esta discusión inicialmente fue dirigida por los responsables políticos de la Comisión Europea (EC, 2015) y de organizaciones de defensa empresarial como la Fundación Ellen MacArthur (EMF, 2012, 2013, 2015; EC, 2014, 2015), ya que este tipo de organismos consideran a la economía circular como un conjunto de mecanismos que induce una regeneración y transformación industrial que facilita el desarrollo tanto de una

producción sustentable como del consumo de productos sustentables que no dañan el medioambiente (Korhonen *et al.*, 2018).

Asimismo, la esperanza que tienen las organizaciones gubernamentales y empresariales es que la evolución de la economía circular basada en la producción industrial, sobre todo en la industria automotriz a nivel mundial, sea adoptada e implementada en lugar de los modelos económicos lineales que todavía siguen prevaleciendo en muchas empresas manufactureras, ya que la economía circular no solamente tiene un impacto positivo en el medioambiente y el desarrollo sustentable, sino que también contribuye significativamente al crecimiento económico de las empresas y los países (EMF, 2013; EC, 2014; CIRAIG, 2015). Igualmente, a nivel global algunas de las principales organizaciones gubernamentales y empresariales, han sugerido que una vez que la economía circular se ha implementado en su totalidad en las empresas manufactureras —entre ellas las que integran la industria automotriz— las ganancias económicas podrían exceder los 1 000 billones de dólares estadounidenses anualmente (FICF y Mckinsey, 2014).

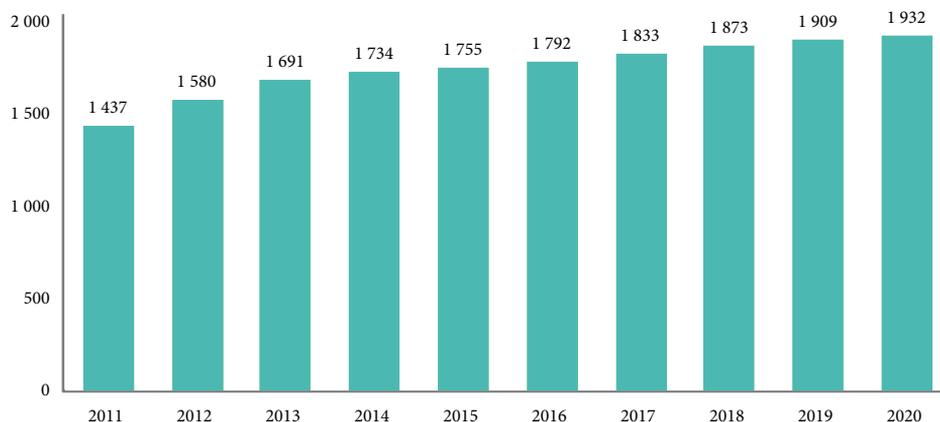
En este sentido, las diversas actividades que integran la economía circular son consideradas por la comunidad científica, académica, empresarial y gubernamental como un paradigma industrial futuro, que no se limita solamente a los países más industrializados del mundo, sino también a los países de economía emergente (Korhonen *et al.*, 2018), como es el caso de México. Así, por ejemplo, China fue el primer país del mundo que el año 2008 desarrolló un paquete de diversas leyes que favorecen la implementación de la economía circular (CIRAIG, 2015). Otros gobiernos siguieron su ejemplo, como es el caso de la Unión Europea, quien desarrolló un paquete de leyes que benefician la implementación de la economía circular en la totalidad de los países que la integran, ampliando el Parlamento Europeo estos mecanismos y leyes a la agestión y reciclaje de los residuos generados por las industrias (EC, 2015).

Sin embargo, en México aun cuando la industria automotriz representa un importante porcentaje del PIB nacional, emplean a un alto número de personas y es una de las principales actividades industriales en algunas regiones (Región del Bajío), no existe una ley que promueva la adopción e implementación de las actividades que integran la economía circular en las diversas empresas manufactureras. Así, a pesar de la inexistencia de un paquete de leyes que fomenten la adopción y el desarrollo de la economía circular en las empresas manufactureras de la industria automotriz en México, varias de las principa-

las empresas armadoras de automóviles asentadas en el territorio nacional están implementando una serie de actividades que podrían considerarse como parte de la economía circular, las cuales son diseñadas para su ejecución desde los principales centros de gestión instalados en Asia y Europa, principalmente.

Asimismo, México es uno de los principales países exportadores de vehículos a nivel mundial prueba de ello es que más del 60 % del volumen total de la producción de vehículos ligeros y pesados, tienen como destino los mercados de Estados Unidos de América y diversos países de la Unión Europea. Además, existe una fuerte presión sobre la industria automotriz de México por el incremento en el volumen total de producción, sobre todo de los vehículos destinados al mercado internacional, ya que la demanda de vehículos es cada vez mayor a nivel mundial y los vehículos ensamblados en México gozan de una excelente calidad en el mercado internacional, además de que tienen uno de los precios más bajos del mercado mundial. En los siguientes dos gráficos, con la finalidad de que el lector de esta obra tenga un panorama mundial de la actual demanda de vehículos, se presenta el consumo mundial de vehículos ligeros y pesados.

Gráfico 1. Consumo mundial de vehículos ligeros 2011-2020 (miles de millones de dólares).



Fuente: ProMéxico con información de MarketLine.

El gráfico 1 muestra el consumo mundial de vehículos ligeros en el período de 2011-2020. Se puede observar la existencia de un incremento significativo

en el consumo de vehículos al pasar de 1 437 billones de dólares estadounidenses en 2011 a 1,932 billones de dólares durante el año de 2020. Además, es posible observar en el gráfico la existencia de una tendencia al alza en el consumo de vehículos ligeros a nivel mundial, ya que durante la última década se espera un incremento en el consumo de vehículos ligeros del 34.44 % y, seguramente, esta tendencia seguirá al menos para los próximos cinco años. Este panorama que vive la industria automotriz no es muy alentador en el contexto de la sustentabilidad medioambiental y del desarrollo sustentable, ya que un elevado porcentaje de los vehículos ligeros que producen las empresas manufactureras de la industria automotriz a nivel mundial utilizan combustibles fósiles (gasolina y diésel), y solamente un pequeño porcentaje de la producción de vehículos ligeros utilizan energías renovables (electricidad y biocombustible).

Gráfico 2. Consumo mundial de vehículos pesados 2011-2020 (miles de millones de dólares).



Fuente: ProMéxico con información de MarketLine.

Respecto al consumo mundial de vehículos pesados, el gráfico 2 muestra la existencia de un incremento sustancial durante el período de 2011-2020, al pasar de un consumo de 527 billones de dólares estadounidenses en 2011 a 830 billones de dólares para el año 2020, lo cual representa un incremento de alrededor del 57.49 %. Además, en el mismo gráfico se puede observar que el con-

sumo de vehículos pesados a nivel mundial tiene una tendencia al alza en la última década del actual milenio, y se espera que, por lo menos para los próximos cinco años, se mantenga esta tendencia positiva. Sobre todo, por el elevado consumo de este tipo de vehículos que tienen los países asiáticos (en particular China), algunos países de la Unión Europea y, especialmente, el mercado de Estados Unidos de América. Hay que destacar que esto tampoco es muy alentador para reducir el nivel de la sustentabilidad medioambiental y el desarrollo sustentable de las empresas manufactureras que integran la industria automotriz a nivel mundial.

Además, en un contexto del desarrollo de las políticas y de los negocios, la economía circular es considerada como una estrategia fácil de adoptar e implementar en las empresas —sobre todo en las que integran la industria automotriz— ya que generalmente es visualizada como un elemento importante para mejorar significativamente la sustentabilidad medioambiental y el desarrollo económico de las empresas manufactureras (EMF 2012, 2013, 2015; EC, 2014, 2015). Esta visión de la economía circular está apuntalada por la creciente insatisfacción que predomina en la mayoría de las empresas manufactureras que siguen utilizando una economía lineal tradicional basada en extraer, producir, usar y desechar flujos de materiales y energía. Esto se contrapone totalmente al moderno sistema económico mundial, y es demasiado problemático para lograr tanto una sustentabilidad medioambiental como un desarrollo sustentable en términos económicos, sociales y medioambientales de las diversas empresas manufactureras (Frosch y Gallopoulos, 1989), sobre todo las que integran la industria automotriz.

En este contexto, la comunidad científica, académica, gubernamental y empresarial esperan que la economía circular genere un impulso en los directivos de las empresas manufactureras de la industria automotriz, para que implementen un sistema económico circular a través de un modelo de flujo alternativo en el que predominen las actividades de reciclaje y regeneración de los materiales (EMF, 2012, 2013, 2015; CIRAIG, 2015; Geissdoerfer *et al.*, 2017). A pesar de que la idea del reciclaje de la materia prima y materiales ha existido desde el inicio de la industrialización de los países (Desrochers, 2002, 2004), este tipo de actividades ha tomado mucha más fuerza en la actual discusión sobre la mitigación del cambio climático y del desarrollo sustentable, no solamente en el contexto de las empresas manufactureras de la industria automotriz, sino en la totalidad de las actividades económicas que genera la sociedad mundial.

Sin embargo, a diferencia del reciclaje tradicional que se gestó en la etapa de la industrialización, las políticas prácticas y la promoción empresarial que promueve la economía circular, hacen énfasis en el desarrollo de ecoproductos, en el reúso de los materiales y componentes, en la remanufactura, restauración, reparación y actualización de los productos, así como la utilización del potencial que ofrece la energía sustentable en sus diversos recursos, tales como la proveniente del sol, el viento, la biomasa y la energía derivada de los residuos a lo largo de la cadena de valor de los productos, utilizando para ello un enfoque del ciclo de vida de los productos desde su fabricación hasta su reutilización (Mihelcic, 2003; Braungart *et al.*, 2007; Rashid, 2013; EMF, 2013), lo cual permitirá un incremento significativo en la sustentabilidad medioambiental y en el desarrollo sustentable de las empresas manufactureras de la industria automotriz.

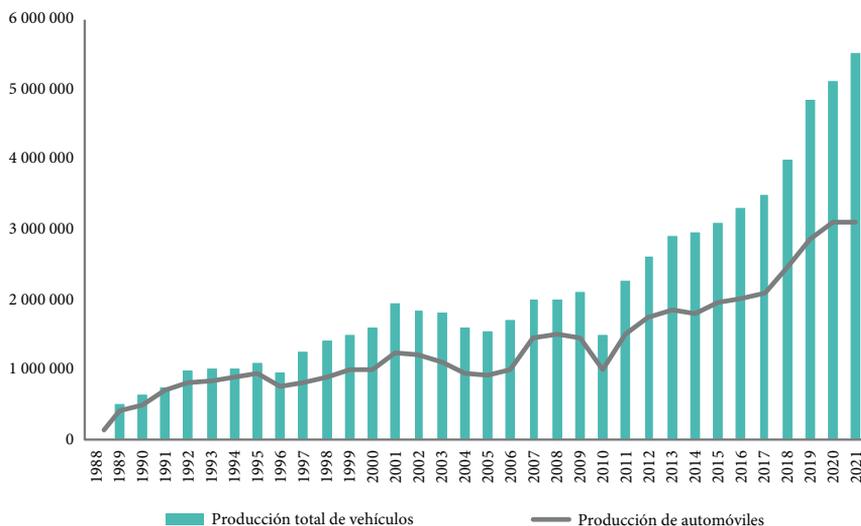
Adicionalmente, la economía circular, una vez que se ha implementado al interior de las empresas manufactureras de la industria automotriz, promoverá el reciclaje de materiales y materias primas de alto valor en lugar de solamente reciclar las materias primas de bajo valor, tal y como lo hace la economía lineal tradicional (Ghisellini *et al.*, 2016). Por lo tanto, las actividades que integran la economía circular no solamente se orientan a los sistemas de producción, sino que también tiene como uno de sus objetivos prioritarios el desarrollo de un consumo sustentable, a través de la promoción, aplicación e intercambio de actividades de la economía circular (Naustdalslid, 2017). Además, los grupos de consumidores pueden compartir los servicios brindados por los productos físicos, de tal manera que sustituyan los patrones actuales de consumo basados en la propiedad individual de los productos físicos, por lo cual las empresas manufactureras de la industria automotriz pueden extraer más valor de los productos físicos dentro de los mercados en los cuales participan (Korhonen *et al.*, 2018).

Asimismo, las prácticas de la economía circular generalmente han sido desarrolladas y dirigidas casi exclusivamente por profesionales de la industria, por ejemplo, responsables políticos, organizaciones y agencias de desarrollo de negocios, tales como consultores, asociaciones y fundaciones empresariales (EMF, 2013; EC, 2014; CIRIAG, 2015). Desde la perspectiva de la comunidad científica y académica, la discusión de la economía circular se centra, de manera práctica, en su conceptualización y, actualmente, se encuentra en su etapa inicial. La literatura científica es aún emergente, por lo cual, existe una clara

necesidad de realizar un análisis más profundo y reflexivo del concepto de la economía circular, así como de sus unidades de análisis y discusión, las bases teóricas que le dan soporte, su medición y aplicación (Korhonen *et al.*, 2018). Esto es necesario, sobre todo, en las empresas manufactureras de la industria automotriz, ya que esta industria no solamente representa un alto porcentaje del PIB de los países, sino también es una de las industrias más contaminantes.

Sin lugar a duda, existe una amplia necesidad de que las comunidades científica, académica y empresarial orienten sus investigaciones en el análisis y discusión de la economía circular en las empresas manufactureras de la industria automotriz, sobre todo las localizadas en los países de economía emergente —como es el caso de México—, ya que ello permitiría aportar evidencia teórica y empírica que demuestre la importancia de la implementación de la economía circular en este tipo de empresas. Por lo tanto, para que el lector de esta obra tenga un panorama más amplio de la importancia que tienen las empresas manufactureras de la industria automotriz en México, se presentan a continuación tres gráficos que muestran información importante sobre el valor de la producción de vehículos, así como el nivel de las exportaciones.

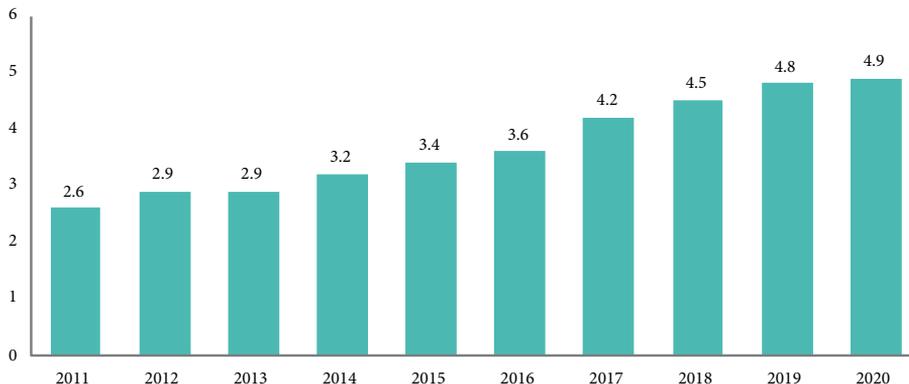
Gráfico 3. Producción de vehículos en México 1988-2021 (unidades).



Fuente: Center for Automotive Research.

El gráfico 3 muestra la producción total de vehículos en México durante el período de 1988-2021, y se puede observar cómo, prácticamente en la última década del actual milenio, se ha incrementado, de forma relevante, la cantidad de unidades producidas, e incluso se espera un incremento importante en la producción de vehículo para este año 2020 y para el año 2021. De igual manera, la gráfica muestra la producción de vehículos ligeros y tiene exactamente la misma tendencia al alza que la producción total de vehículos, además de que la producción de este tipo de vehículos representa un elevado porcentaje de la producción total, e incluso en los primeros años de la gráfica casi el 100 % de la producción de vehículos eran ligeros. Sin embargo, durante la primera década del actual milenio existe un incremento exponencial en la producción de vehículos pesados, pero sin representar la mayor parte de la producción total, por lo cual es posible establecer que la industria automotriz de México descansa en la producción de vehículos ligeros, ya que representa más de la mitad del total de la producción.

Gráfico 4. Producción de vehículos ligeros en México 2011-2020 (millones de unidades).

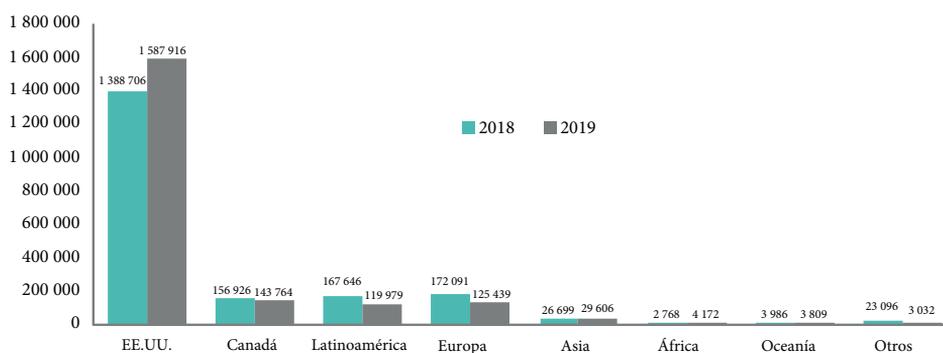


Fuente: ProMéxico con información de AMIA (2011-2015) y Business Monitor (2016-2020).

Con respecto a la producción de vehículos ligeros, el gráfico 4 muestra la producción de este tipo de vehículos durante el período de 2011-2020. Es posible observar, como ya lo mostraba el gráfico anterior, la existencia de una tendencia ascendente en la cantidad de unidades producidas, al pasar de 2,6 millones de vehículos en el año 2011 a 4,9 millones de vehículos durante el año

de 2020. Ello, representa un crecimiento de alrededor del doble de lo que se producía hace 10 años. Este nivel de producción, alcanzado por las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, le ha permitido ubicarse como el quinto país productor de vehículos ligeros a nivel mundial, solamente por detrás de Estados Unidos, China, Japón y Alemania, pero está muy cerca de igualar a Alemania y se espera que, en los próximos tres o cinco años, México se convierta en el cuarto país productor de vehículos a nivel mundial.

Gráfico 5. Exportaciones de vehículos de México por zona geográfica 2018-2019 (unidades).



Fuente: INEGI - Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros.

En lo referente a la exportación de vehículos, el gráfico 5 muestra la exportación de vehículos de México a las distintas zonas geográficas durante el período de 2018-2019, y es posible observar que Estados Unidos de América es el mercado más importante para la exportación de vehículos de las empresas manufactureras de la industria automotriz, al pasar de cerca de 1,4 millones de unidades en el año 2018 a alrededor de 1,6 millones de unidades en el año 2019. Se espera que para finales del año 2020 esta cifra sea de alrededor de los 2 millones de vehículos. El segundo destino más importante para la exportación de vehículos lo representa la Unión Europea, aun cuando se registró una reducción en la exportación de cerca de 50 000 unidades, al pasar de un poco más 172 000 vehículos en el año 2018 a cerca de 125 500 vehículos en el año 2019. El tercer país más importante para la exportación de vehículos es Canadá, el cual también registró una leve reducción al pasar de alrededor de 157 000 unidades en el año 2018 a cerca de 144 000 unidades en el año 2019.

Por otro lado, la economía circular posee características esenciales que le permiten relacionarse directamente con otras estrategias empresariales, tales como la responsabilidad social empresarial (Okoye, 2009; Choi y Majumdar, 2014), los mercados (Rosenbaum, 2000), los servicios de ecosistemas (Schröter, 2014), la resiliencia de los sistemas organizacionales (Folke, 2006) y el desarrollo sustentable (Connelly, 2007). Asimismo, la economía circular está estrechamente relacionada con estos y otros conceptos fundamentales, al compartir metas y objetivos conjuntos, lo cual representa cambios conceptuales importantes que tendrán que ser analizados por los investigadores y académicos (Korhonen *et al.*, 2018). Adicionalmente, la base científica del conocimiento existente de la economía circular aún permanece hoy en día inexplorada, a pesar de que la idea de la economía circular se remonta a los siglos XVIII y XIX, cuando aparecieron los primeros estudios relacionados con este concepto (Boulding, 1966; Desrochers, 2002, 2004).

Además, existen claras diferencias y una separación conceptual en la investigación entre la economía circular y los demás conceptos con los que se relaciona, ya que se carece de un enfoque holístico en el que se relacionen varios de estos conceptos a la vez (Korhonen, 2004; Shwom, 2009). En este sentido, aun cuando en las ciencias naturales y en la ingeniería comúnmente la comunidad científica y académica están orientadas en el análisis y discusión de la economía circular —utilizando para ello el uso de los materiales físicos y los flujos de la energía basados prácticamente en modelos económicos— todavía no han logrado una conexión integral en su totalidad con el conocimiento básico de los negocios, el estudio organizacional y la investigación de la gestión entre las empresas manufactureras (Korhonen, 2004). Por lo cual, hacen falta estudios de la economía circular que tengan este tipo de enfoque para que su aporte y contribución sean esenciales. Esta es la importancia esencial de este libro.

En este contexto, en los siguientes apartados se presentará un análisis más detallado de las particularidades básicas de las actividades de la economía circular (prácticas, percepción, barreras y oportunidades de la economía circular) que actualmente implementan las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México; utilizando para tal fin una serie de gráficos que expliquen con mayor claridad la información recabada sobre la percepción que tienen los gerentes de las distintas empresas que integran la industria automotriz sobre las actividades de la economía circular, desarrolladas al interior y exterior de las organizaciones.

1. Prácticas de la economía circular

En la actual literatura es común encontrar que los patrones de producción y consumo de la sociedad, en el presente milenio, están ejerciendo una fuerte presión en el medioambiente lo cual está creando un riesgo sustancial en la capacidad de absorción del planeta. Este se está viendo comprometido y la amenaza de una ruptura de la estabilidad ecológica está cada vez más cerca, dado el incremento exponencial en la acumulación de la contaminación a nivel global ocasionada por el aumento de la actividad empresarial de las empresas manufactureras (Silva *et al.*, 2019), entre las que se incluyen a las que integran la industria automotriz. Así, es posible afirmar que la sustentabilidad global depende en un elevado porcentaje de la reducción significativa de las tasas del crecimiento económico y el consumo de los recursos, ya que la productividad de las empresas manufactureras de la industria automotriz puede lograrse a través de innovaciones tecnológicas, relacionales y organizacionales (Fischer-Kowalski y Swilling, 2011).

Asimismo, la Agenda 2030 que fue firmada por más de 120 países, entre los que se encuentra México, incluye diecisiete metas del desarrollo sustentable que se tienen que lograr, entre las que destacan doce de ellas que proponen el aseguramiento de una producción más sustentable de las múltiples empresas manufactureras y de normas de consumo que permitan lograr un mayor nivel de sustentabilidad (Silva *et al.*, 2019). Además, la Agenda establece que los países firmantes tienen que lograr diversas metas esenciales, entre las que se encuentran la gestión sustentable, el eficiente uso de los recursos naturales, la reducción significativa y el impacto de los niveles de la contaminación, la implementación de prácticas que prevengan la generación de residuos sólidos y la priorización en la implementación de procesos de reúso y reciclaje de materiales y materias primas en los procesos industriales (UN, 2015).

En este sentido, el compromiso establecido por las autoridades gubernamentales de los 120 países firmantes de la Agenda 2030, es la elaboración e implementación de políticas públicas que involucren a los sectores manufacturero y agrícola de la sociedad, de tal manera que permitan cumplir con el objetivo de reducir significativamente la cantidad de residuos generados (Silva *et al.*, 2019). Adicionalmente, el compromiso adquirido por las empresas manufactureras de los países firmantes —particularmente las que integran la industria automotriz— es la mejora del nivel de la sustentabilidad, adoptando para

ello nuevas perspectivas de trabajo, la implementación de nuevos modelos de negocio y actuar de manera independiente (CEPAL, 2016). Para lo cual, la comunidad científica y académica consideran que la adopción e implementación de las prácticas de la economía circular, permitirían a las empresas manufactureras de todos los sectores lograr todos estos compromisos.

Además, las empresas manufactureras generalmente establecen relaciones con sus proveedores, clientes y consumidores que integran diversas acciones del cuidado del medioambiente, por lo cual diversos investigadores, académicos y profesionales de la industria han aportado evidencia teórica y empírica de que la integración de acciones medioambientales, en la relación existente entre productos, proveedores y consumidores, genera beneficios económicos y políticos en todas las empresas participantes (Ioppolo *et al.*, 2014). Sin embargo, un elevado porcentaje de los estudios publicados en la literatura científica que analizan la cooperación entre las empresas manufactureras, comúnmente se han orientado en los países desarrollados. Pero, en las empresas manufactureras de los países de economía emergente, como es el caso de México, la transición a una producción sustentable requiere metodologías y prácticas de la economía circular que puedan ser adaptadas a su realidad local, debido principalmente a la falta de estructura y de capacitación (Gomes *et al.*, 2013).

Bajo este contexto, las prácticas de la economía circular proponen una reducción significativa del impacto medioambiental y, al mismo tiempo, la obtención de un crecimiento económico a través del desarrollo de las empresas manufactureras y de nuevas fuentes de ingresos (Kalmykova *et al.*, 2018). Además, las prácticas de la economía circular pueden contribuir sustancialmente a la minimizar la generación de residuos y emisiones contaminantes, al igual que a reducir elocuentemente el uso de materiales, materias primas y energía para preservar los recursos, a través de relaciones condicionales, beneficiosas o de compensación (Geissdoerfer *et al.*, 2017). Por ello, de acuerdo con las ciencias ambientales y del desarrollo sustentable, las prácticas de la economía circular pueden ayudar a las empresas manufactureras, sobre todo a aquellas que integran la industria automotriz, a resolver los diversos problemas medioambientales y de sustentabilidad que están enfrentando en la actualidad (Sauvé *et al.*, 2016).

Adicionalmente, las prácticas de la economía circular hacen una importante contribución tanto a la sustentabilidad medioambiental como al desarrollo sustentable, sin embargo, Korhonen *et al.* (2018) consideran la existencia de

serias limitaciones en la aplicación práctica de la economía circular en las empresas manufactureras —entre las que se encuentran las que integran la industria automotriz— ya que a pesar de la existencia de un aumento exponencial en la cantidad de estudios publicados en la literatura científica, son relativamente escasos los estudios que proponen escalas de medición de las prácticas de la economía circular, lo cual establece una seria limitación para poder medir adecuadamente este tipo de prácticas. En un estudio más reciente publicado en la literatura científica, Silva *et al.* (2019) revisaron exhaustivamente la literatura de la economía circular y analizaron detalladamente la aplicación práctica de este concepto, concluyendo que las prácticas de la economía circular se pueden medir a través de tres dimensiones fundamentales: *gestión ambiental interna*, *ecodiseño* y *recuperación de la inversión*, las cuales se presentan a continuación.

A. Gestión ambiental interna

En la literatura se considera que la economía circular es un concepto que tiene una gran cantidad de principios comunes con otros conceptos, entre los que destacan la *ecología industrial* (Merli *et al.*, 2017), ya que la economía circular tiene sus raíces precisamente en las actividades de la ecología industrial, la cual está relacionada con el intercambio de subproductos y residuos que se transforman en los ciclos naturales de las materias primas y la energía (Gregson *et al.*, 2015). Así, el concepto de la ecología industrial es considerado en la literatura como un estudio multidisciplinario de los sistemas industrial y económico, y su relación con los recursos naturales esenciales (Allenby, 2000). Esta conceptualización guarda mucha similitud con la definición de la economía circular que se presentó en capítulos anteriores, precisamente de esta similitud es donde se deriva la estrecha relación entre ambos constructos, pero es evidente que aun cuando la economía circular tenga sus raíces en la ecología industrial, son consideradas en la literatura como constructos totalmente distintos uno de otro.

Asimismo, en la literatura existen al menos dos formas básicas en las cuales es posible incorporar las prácticas de la economía circular en las diversas actividades de las empresas manufactureras (Silva *et al.*, 2019), entre ellas las que integran a la industria automotriz. Una primera forma es ver a las prácticas de la economía circular como una parte operativa esencial de las organizaciones, ya sea a nivel de los procesos de producción de las empresas (diseño de eco-productos que sean amigables con el medioambiente, reducción del nivel de la

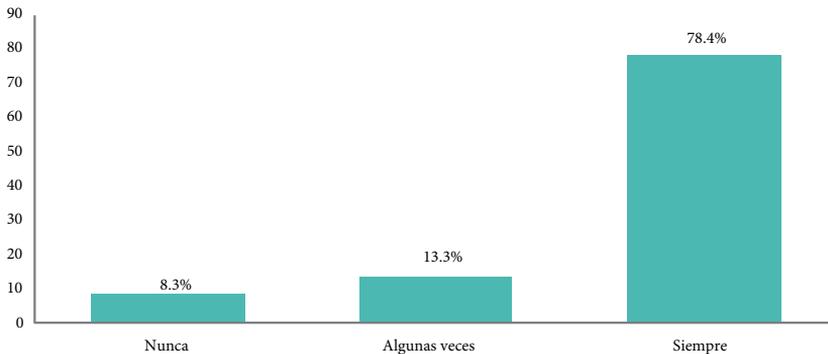
contaminación, ecoeficiencia y una contabilidad verde); a nivel interempresas (creación de parques industriales, mejora del ciclo de vida de los productos e iniciativas de mejora en el sector industrial); a nivel de distrito o sector y, finalmente, a nivel regional, nacional o internacional (presupuestos de los ciclos de los productos, de los flujos de materiales y energía, y estudios de la desmaterialización y de la descarbonización) (Silva *et al.*, 2019).

Cuando el negocio y la unidad de procesos de producción son relevantes en la organización, la mayoría de los estudios de las prácticas de la economía circular se enfocan en los niveles de entre las empresas y entre las instalaciones (al interior de las empresas), precisamente porque la reducción de los niveles de la contaminación, así como la mejora del nivel de la sustentabilidad medioambiental, son dos de los objetivos sustanciales de las prácticas de la economía circular en los niveles de producción de las empresas manufactureras, en la instalación o en la unidad de negocio (Lifset y Graedel, 2002). La segunda forma es ver a las prácticas de la economía circular como un reflejo de distintos aspectos teóricos que tiene este concepto con una variedad de otros conceptos, además de la multidisciplinariedad del campo del conocimiento en que es posible la aplicación de las actividades de la economía circular (análisis sistemático de los recursos a nivel social, económico y medioambiental), pero sin lugar a dudas el aspecto práctico y de aplicación de la economía circular aparece en el ecodiseño de los productos (Lifset y Graedel, 2002).

Finalmente, la comunidad científica, académica y empresarial consideran la existencia de una relación estrecha entre la ecología industrial y la economía circular, ya que la ecología industrial genera una economía beneficiosa e inclusiva para las empresas manufactureras de la industria automotriz, al centrarse comúnmente en la minimización del consumo de los recursos y en la eliminación de los residuos (Andersen, 2007), mientras que, la economía circular generalmente contribuye mediante la transformación física de los recursos en beneficios económicos para las organizaciones (Su *et al.*, 2013; Wen y Meng, 2015). Además, el rendimiento económico de las empresas depende en su mayoría de las prácticas de la economía circular, tales como la producción de productos más durables y los servicios de mantenimiento que permiten ampliar la vida útil de los productos (Stahel, 2010). Sin embargo, el diseño regenerativo de los productos tiene una mayor influencia, ya que hace un uso más racional de los recursos naturales para evitar su agotamiento y la degradación medioambiental (Lyle, 1996; Cole, 2012).

La producción científica sobre la economía circular se ha incrementado significativamente en los últimos diez años, ya que, si se realiza una búsqueda en la base de datos de las revistas de alto impacto de *Scopus* utilizando el término de economía circular en el título de los artículos, limitando el período de 2010 a 2020, seguramente el lector se encontrará con una producción de más de 700 artículos. Sin embargo, de la totalidad de artículos, son relativamente escasos los que presentan una escala para la medición de las prácticas de la economía circular, por lo cual para la medición de la gestión ambiental interna se consideró la adaptación de la escala que Silva *et al.* (2019) realizó de la escala propuesta por Zhu *et al.* (2010), quienes consideraron que esta gestión se puede medir a través de diez prácticas y las validaron en un estudio realizado en 300 empresas del sector industrial de China. Sin embargo, Zhu *et al.* (2010) establecieron que cinco de esas diez prácticas son las que tienen un mayor impacto en las empresas manufactureras, y son precisamente las que se presentarán a continuación.

Gráfico 6. Existe un compromiso medioambiental por parte de la alta gerencia.

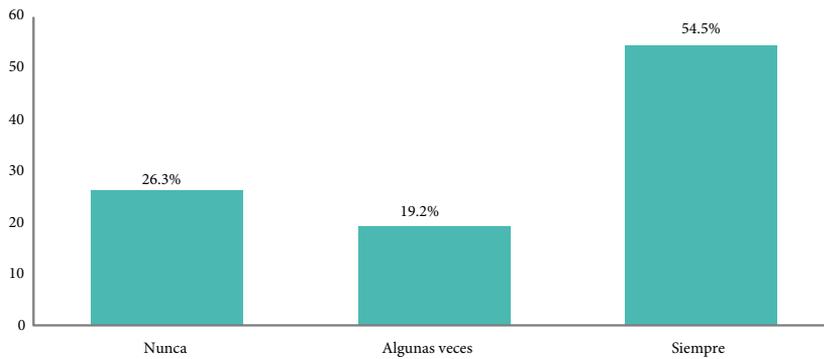


Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 6 indica que el 78.4 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre tienen un compromiso medioambiental por parte de la alta gerencia, mientras que 13.3 % de ellas algunas veces tienen el compromiso medioambiental y solamente el 8.3 % no tienen ningún compromiso medioambiental. Por lo tanto, es posible inferir, de acuerdo con la información obtenida, la existencia de un compromiso medioambiental en cerca de

8 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México, sin embargo lo más preocupante es que 1 de cada 10, no tenga la alta gerencia ningún compromiso medioambiental, lo cual indica que carecen no solamente de un sistema de calidad medioambiental, sino también de un compromiso en la cadena de proveeduría, con los consumidores y la sociedad donde se ubica la empresa.

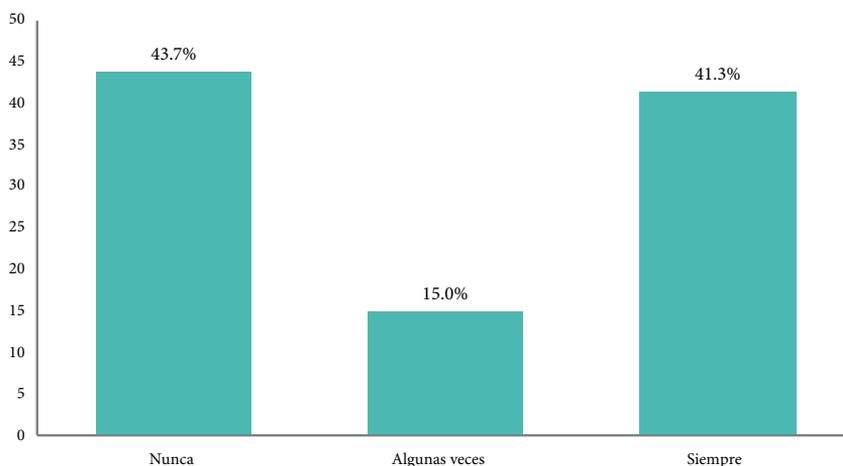
Gráfico 7. Existe un programa de entrenamiento para los empleados y trabajadores de la organización en temas medioambientales.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 7 muestra que en el 54.5 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí existe un programa de entrenamiento para su personal en temas medioambientales, mientras que el 19.2 % de ellas algunas veces realizan entrenamiento a su personal y el 26.3 % no cuenta con ningún programa de entrenamiento para su personal en estos temas. Por lo tanto, es posible inferir, de acuerdo con los resultados obtenidos, la existencia de un programa de entrenamiento para empleados y trabajadores en temas medioambientales en un poco más de 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México. Sin embargo, el dato que más llama la atención es que alrededor de 3 de cada 10 empresas de la industria automotriz carezcan de un programa de entrenamiento en dichos temas para su personal, aun cuando varias de ellas manifestaron tener un compromiso medioambiental, lo cual deja en duda la existencia de tal compromiso por parte de la alta gerencia.

Gráfico 8. Se cuenta con un programa de gestión de la calidad total medioambiental.



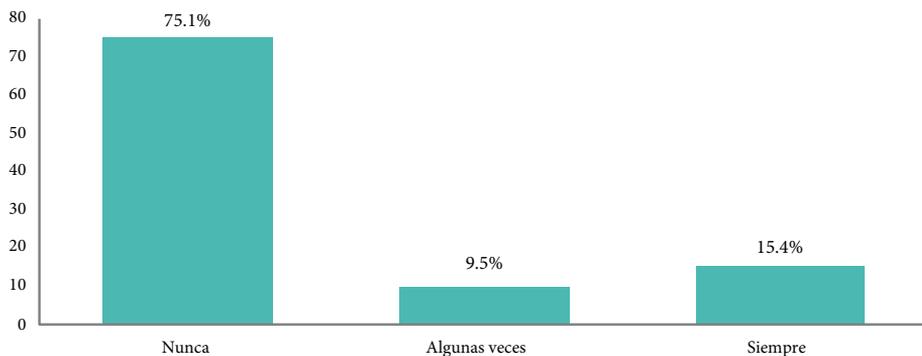
Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 8 indica que el 41.3 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre cuentan con un programa de gestión de la calidad total medioambiental, el 15 % de ellas algunas veces cuentan con este tipo de programa y el 43.7 % de las empresas no cuentan con un programa de gestión de la calidad total medioambiental. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, solamente un poco más de 4 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México tienen un programa de gestión de la calidad total medioambiental. Sin embargo, el dato más relevante es que más de 4 de cada 10 de no cuentan con un programa de gestión de la calidad total medioambiental, aun cuando en los gráficos anteriores varias empresas habían manifestado tener un compromiso medioambiental y un programa de entrenamiento en temas medioambientales, lo cual genera bastantes dudas, no solo de la existencia de estos compromisos, sino también de la aplicación de las prácticas de la economía circular en las organizaciones.

El gráfico 9 muestra que solamente el 15.4 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México si cuentan con un programa de auditoría permanente del medioambiente como el ISO 14000, mientras que el 9.5 % de ellas algunas veces cuentan con un programa de este tipo, y el 75.1 % jamás ha tenido un programa de auditoría permanente del medioambiente. Por

tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, solo alrededor de 2 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México cuentan actualmente con un programa de auditoría permanente del medioambiente, como por ejemplo el ISO 14000. Sin embargo, el dato que más resalta es que un poco más de 7 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México, carecen de un programa de auditoría permanente del medioambiente, aun cuando en los gráficos anteriores se muestra que varias de ellas habían manifestado contar con programas y compromisos medioambientales, lo cual genera muchas más dudas que en los datos de los gráficos anteriores e incredulidad sobre la información suministrada.

Gráfico 9. Se cuenta con programas de auditoría permanente del medioambiente de la organización (tales como ISO 14000).

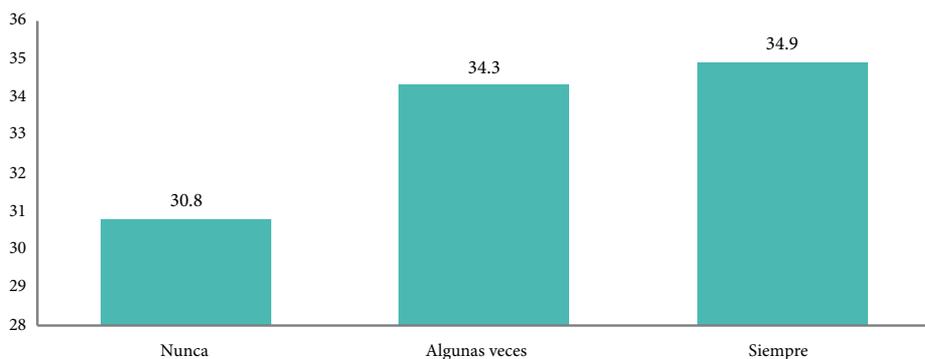


Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, el gráfico 10 indica que el 34.9 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí tienen un programa de prevención de la contaminación de residuos que se generan en la organización, mientras que el 34.3 % de ellas algunas veces tienen este tipo de programas, y el 30.8 % carecen de un programa de prevención de la contaminación de residuos. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, alrededor de 4 de cada 10 empresas de la industria automotriz de México tienen un programa de prevención de la contaminación de los residuos que generan. Asimismo, 3 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz, no tienen ningún programa de este tipo, lo cual indica que una tercera

parta de las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México no realizan ninguna acción para recuperar y reciclar los materiales e insumos desechados en los residuos que se generaron en el proceso de producción, es decir, todos esos residuos fueron a parar a los vertederos municipales.

Gráfico 10. Existe un programa de prevención de la contaminación de los residuos generados por la organización (tales como una producción limpia).



Fuente: Elaboración propia.

B. Ecodiseño

La evolución del concepto de la economía circular está estrechamente vinculada con diferentes aspectos culturales, sociales y políticos (Yu *et al.*, 2015), ya que, por ejemplo, mientras que las autoridades gubernamentales de China adoptaron a la economía circular como una estrategia de *arriba hacia abajo*, es decir, que iniciara por el gobierno para que pudiera bajar a las empresas, y como un instrumento de control, la Unión Europea, Estados Unidos de América y Japón han adoptado a la economía circular como una política de *abajo hacia arriba*, lo contrario de China (Winans *et al.*, 2017). Además, a finales de los años de 1990 la economía circular se implementó en diversas iniciativas públicas de China mediante el diseño y aplicación de políticas de apoyo a la investigación, la articulación entre las empresas manufactureras y sus socios comerciales, al igual que a la implementación de ecoparques y ecodiseños en

los procesos de producción, centrándose estas iniciativas, principalmente, en el reciclaje de los residuos (Yuan *et al.*, 2006).

La segunda fase de expansión de la economía circular en China se basó, fundamentalmente, en las lecciones aprendidas de los múltiples problemas de inviabilidad técnica y las diversas dificultades económicas que enfrentaron en la primera fase. Por lo cual, las autoridades gubernamentales redireccionaron el enfoque de la economía circular en la estructura industrial, principalmente, en las empresas manufactureras (Yuan *et al.*, 2006; Geng *et al.*, 2016), con la finalidad de mejorar significativamente el ecodiseño de los productos para prolongar por más tiempo su vida útil. Con respecto a la aplicación de las prácticas de la economía circular, China se convirtió en el primer país en el cual comenzaron a surgir las publicaciones científicas e industriales. Mientras que, en publicaciones de este corte en Europa, utilizar el concepto de la economía circular comenzó a hacerse más común mucho después de que la Comisión Europea abordara el problema de los residuos industriales en 2014 (Türkel *et al.*, 2018).

Asimismo, la Unión Europea comenzó la transición de una economía lineal a una economía circular, prácticamente, con la publicación en 2015 del Plan de Acción de la Economía Circular, que procedió a las directrices ambientales EC 2005, EC 2011a, EC 2011b y EC 2011c. Además, el marco de aplicación de las directrices medioambientales por parte de la Comisión Europea se basó esencialmente en ocho grandes rubros: simbiosis industrial, eficiencia en los recursos materiales, extensión de la vida útil de los productos, productos biológicos, energía eficiente y renovable, economía de rendimiento, compartir los resultados de la economía y, finalmente, una plataforma económica (Taranic *et al.*, 2016). Estos ocho importantes rubros están estrechamente relacionados con el ecodiseño, ya que, a través de la eficiencia en el ecodiseño de los productos y del embalaje de estos, se buscará una disminución significativa de los residuos que se generan en el proceso de producción y facilita el reciclaje de estos.

Además, a pesar de las divergencias en los paradigmas y el contexto de aplicación de la economía circular existentes entre los gobernantes de los países, China y Europa son considerados como los dos principales países precursores de la implementación de las prácticas de la economía circular. La implementación y desarrollo de la aplicación práctica de la economía circular en cada uno de estos dos países, puede servir de ejemplo para ponerla en funcionamiento en otros países del mundo (Silva *et al.*, 2019). Asimismo, de acuerdo con McDowall *et al.* (2017), China alienta y coordina el desarrollo

transversal de la economía circular en diferentes zonas, regiones y ciudades; donde diferentes instituciones y empresas líderes son el foco de atención en la puesta en práctica de los programas de la economía circular, donde sobresalen los enfocados en la experimentación y coordinación de la gestión de residuos y la planificación del uso del suelo.

Adicionalmente, Europa implementó un modelo de requisitos de etiquetado de los productos que es similar al que comúnmente utilizan los países más avanzados en la implementación práctica de la economía circular, la aplicación del ecodiseño para mejorar los estándares de los productos y reducir los residuos, así como en la promoción de un modelo de negocio más innovador (McDowell *et al.*, 2017). En este sentido, la eficiencia en el ecodiseño juega un papel fundamental en la implementación práctica de la economía circular en los diferentes países, ya que precisamente es a través del ecodiseño de los productos, como, no solamente se pueden producir artículos que sean más amigables con el medioambiente, sino también mejorar significativamente el nivel del desarrollo sustentable mediante la disminución de los residuos sólidos industriales.

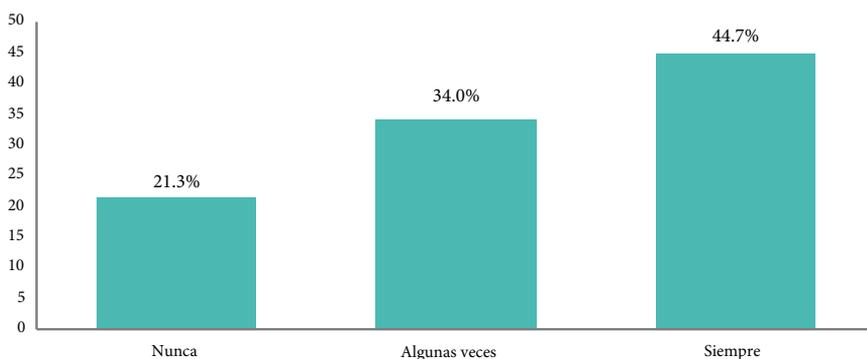
A pesar de la puesta en práctica de la economía circular en China y Europa, esencialmente durante la última década del siglo anterior y la primera del actual, son pocos los estudios que proponen una escala de medición del ecodiseño en la economía circular, por lo cual, para efectos del ecodiseño utilizado en este libro, se consideró la adaptación de la escala que Silva *et al.* (2019) realizaron de la escala propuesta por Zhu *et al.* (2010), quienes consideraron que el ecodiseño se puede medir a través de cuatro prácticas esenciales de la economía circular.

Además, esta escala tiene un soporte teórico en los estudios empíricos publicados recientemente como es el caso del estudio realizado por Manninen *et al.* (2018), quienes propusieron una regeneración de empresas en Finlandia; el estudio realizado por Petit-Boix y Leipold (2018) acerca de la implementación de las prácticas de la economía circular, o el estudio realizado en Brasil por Souza-Zomer *et al.* (2018), quienes adoptaron algunas prácticas de la economía circular y su relación con la producción limpia en un caso de estudio.

Finalmente, para efectos de esta obra, se considerarán y se presentarán en los siguientes gráficos las cuatro prácticas de medición del ecodiseño que se encontraron en la revisión exhaustiva de la literatura de la economía circular y que, como se explicó en los párrafos anteriores, no solamente tienen un buen soporte teórico, sino también empírico. Además, también ya se ha reca-

bado información con esta escala en la aplicación de instrumentos de recolección de la información en distintas empresas manufactureras, tanto de China como de Europa y Brasil.

Gráfico 11. Se diseñan productos que reducen significativamente el uso de materiales o energía.



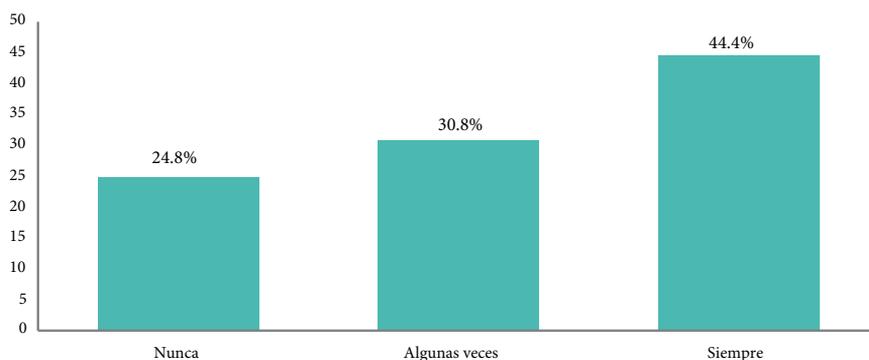
Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 11 muestra que el 44.7 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre diseñan productos que reducen significativamente el uso de materiales y energía, mientras que el 34 % de ellas algunas veces diseñan este tipo de productos y el 21.3 % nunca han diseñado productos que reducen significativamente el uso de materiales y energía. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, alrededor de 5 de cada 10 empresas de la industria automotriz de México sí diseñan productos que reducen significativamente el uso de materiales y de energía. Sin embargo, el dato que resulta sorprendente es que 2 de cada 10 empresas de la industria manufacturera nunca han diseñado productos que reduzcan el uso de materiales y energía, aun cuando existen normativas medioambientales estatales y nacionales que conllevan el cumplimiento de estos elementos.

El gráfico 12 indica que el 44.4 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre han diseñado productos con componentes o materiales de reúso o reciclaje de materias primas, mientras que el 30.8 % de ellas algunas veces han diseñado productos con este tipo de materiales, y el 24.8 % nunca han diseñado productos con este tipo de componentes. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados,

cerca de 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí diseñan productos con componentes o materiales de *reúso o reciclaje de materias primas*. Sin embargo, nuevamente el dato que más salta a la vista es que ahora sean alrededor de 3 de cada 10 empresas —de la industria manufacturera— las que nunca han diseñado este tipo de productos, a pesar de que en el gráfico anterior 1 de cada 10 de ellas había manifestado que sí diseñaban productos que reducían el uso de materiales, lo cual genera dudas sobre la veracidad de la información facilitada por las empresas.

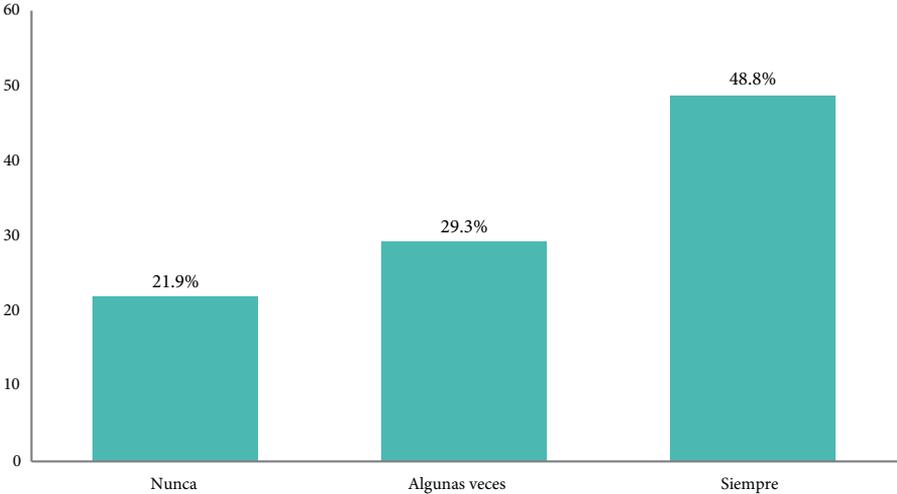
Gráfico 12. Se diseñan productos con componentes de reúso o reciclaje de materias primas.



Fuente: Elaboración propia.

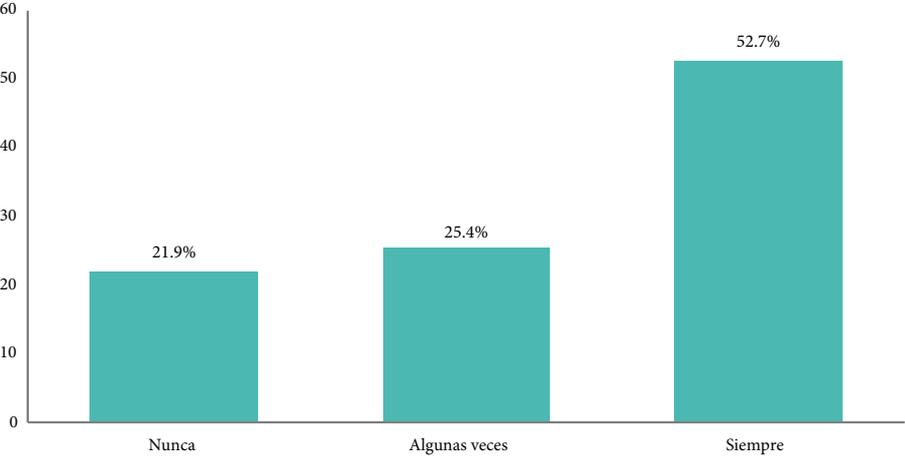
El gráfico 13 muestra que el 48.8% de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre realizan diseños de productos que reducen el uso de materiales o materias primas peligrosas, mientras que el 29.3% de ellas algunas veces diseñan productos que evitan este tipo de actividades, y el 21.9% nunca ha diseñado productos que reducen el uso de materiales o materias primas peligrosas. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí diseñan productos que reducen el uso de materiales o materias primas que son peligrosas. Sin embargo, de nuevo, el dato más sobresaliente es que 2 de cada 10 empresas nunca han diseñado este tipo de productos, lo cual evidencia su falta de compromiso tanto con el cumplimiento de las normas medioambientales, como con la responsabilidad social que tienen las empresas con la sociedad en general.

Gráfico 13. Se diseñan productos para evitar o reducir el uso de materiales o materias primas peligrosas.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 14. Se diseñan procesos de producción que minimizan o reducen significativamente los residuos o desperdicios.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 14 indica que el 52.7 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre han diseñado procesos de producción que minimizan o reducen los residuos o desperdicios, mientras que el 25.4 % de ellas algunas veces han diseñado este tipo de procesos de producción, y el 21.9 % jamás ha diseñado procesos de producción que minimizan o reducen los residuos o desperdicios. Por ello, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, un poco más de 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México *sí* tienen diseños de procesos de producción que minimizan o reducen significativamente los residuos o desperdicios. Sin embargo, la información sobresaliente es que la misma cantidad de empresas que en apartados anteriores (2 de cada 10), nunca han diseñado este tipo de procesos de producción, lo cual indica que siguen trabajando con los métodos tradicionales de la economía lineal aun cuando son empresas proveedoras de las grandes empresas armadoras de automóviles.

C. Recuperación de la inversión

La comunidad científica, académica, empresarial, y gubernamental han establecido en la actual literatura que además de razones claramente ambientales, como la escasez de recursos derivada de patrones insostenibles de producción y consumo, los beneficios económicos derivados de los nuevos mercados son uno de los elementos fundamentales para que las empresas manufactureras implementen la economía circular (MacArthur *et al.*, 2015). Asimismo, se proponen un número importante de posibilidades del desarrollo de nuevos modelos de negocio que las empresas manufactureras de la industria automotriz puede adoptar, como por ejemplo, la integración de los principales socios comerciales en el desarrollo de estrategia de la aplicación de las prácticas de la economía circular de las empresas manufactureras (Jabbour *et al.*, 2017), en el desarrollo de modelos de remanufactura y en de uso compartido de productos que puedan ser ofertados a los clientes y consumidores (Bocken *et al.*, 2017).

Asimismo, son pocos los países de economía emergente que han implementado la economía circular y todavía son más escasos los países de América Latina que lo han hecho. Un claro ejemplo de este tipo de países es Brasil, en donde la aplicación de las prácticas de la economía circular está soportada por la Política Nacional de Residuos Sólidos (LEI N° 12.305, 2010). Dicha regulación, constituye una política de responsabilidad compartida del ciclo de vida

de los productos generados por las empresas manufactureras y el establecimiento de actividades de logística inversa como un instrumento fundamental para lograr un mayor nivel de desarrollo económico y social. Lo hace mediante la implementación de procesos rigurosos de producción para la eliminación de residuos sólidos industriales buscando que los productos sean más respetuosos con el medioambiente (Demajorovic y Migliano, 2013; Azevedo, 2015).

Aun cuando esta política es considerada en Brasil como un buen inicio en la implementación de la economía circular, el enfoque de la gestión de los residuos sólidos urbanos e industriales solo representa un pequeño porcentaje del potencial que tiene la aplicación práctica, la cual incorpora una propuesta clara y efectiva para la implementación de una adecuada y eficiente gestión de los recursos, tales como un diseño regenerativo de los productos (Lyle, 1996), un incremento significativo en el rendimiento económico que facilite la obtención de un mayor retorno de la inversión (Stahel, 2010), y un enfoque desde el nacimiento hasta el cierre de las empresas manufactureras —entre ellas las que integran la industria automotriz— con la finalidad de recuperar la inversión en el menor tiempo posible (Braungart y McDonough, 2009).

Además, en la literatura científica, la formulación y aplicación práctica de la economía circular aún es considerada como frágil, porque carece de una cohesión metodológica en los criterios para la medición de los resultados (Bjorn y Hauschild, 2013). Las propuestas existentes en la actual literatura para la solución de este problema incluyen la adopción de indicadores efectivos de la reducción de los residuos sólidos (Veleva *et al.*, 2017), nuevos métodos para la evaluación del diseño del ciclo de vida de los productos (LCA por sus siglas en inglés) a través de la gestión de su rendimiento (Scheepens *et al.*, 2016), y el análisis simplificado del ciclo de vida de los productos que es un enfoque más rápido y económico que el LCA (Gnoni *et al.*, 2018). Asimismo, el enfoque en el sistema de producción y servicios, generalmente alineado con la preservación medioambiental, comúnmente no está relacionado con la dimensión social o con los resultados esperados en términos del balance de la recuperación de la inversión (Murray *et al.*, 2015).

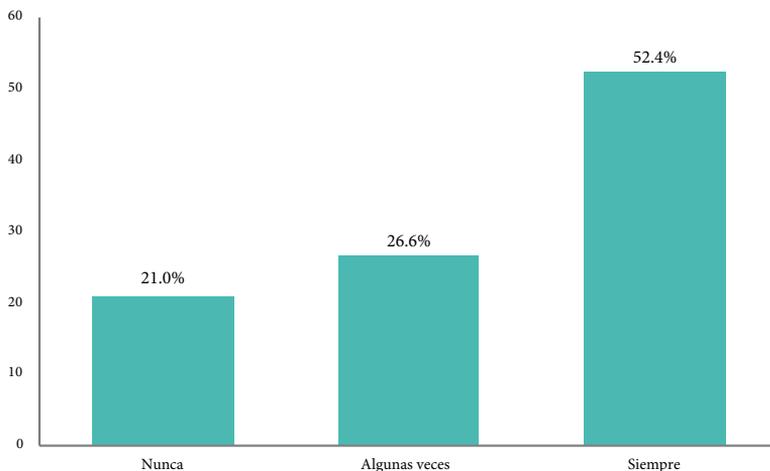
En este sentido, el enfoque de las prácticas de la economía circular, exclusivamente en la gestión de residuos en las empresas manufactureras, suele generar desaprobación por parte de la comunidad científica debido a las condiciones limitantes tales como la inviabilidad del reúso, reciclaje o la recuperación de ciertos tipos de residuos, ya sea por razones técnicas o bien por

razones económicas (Silva *et al.*, 2019). Además, la calidad y cantidad del material recuperado de los materiales y materias primas en el proceso de reciclaje de los residuos sólidos generados por las empresas manufactureras, es un aspecto crítico para la oferta de productos de una economía en franco crecimiento, así como la cantidad de energía requerida para su transformación y porque la extracción de las materias primas es necesaria para todos los países independientemente del nivel de su economía (Murray *et al.*, 2015; Lèbre *et al.*, 2017; Cullen, 2017).

Adicionalmente, la comunidad científica y académica reconoce que son relativamente pocos los estudios publicados en la literatura científica, que proponen escalas de medición de las prácticas de la economía circular, especialmente, de la medición de la recuperación de la inversión, ya que la mayoría de este tipo de estudios se han orientado en propuestas metodológicas y en modelos teóricos del concepto de la economía circular. Sin embargo, la revisión exhaustiva de la literatura permitió encontrar un estudio reciente de Silva *et al.* (2019), quienes realizaron una adaptación a la escala propuesta por Zhu *et al.* (2010) para la medición de la recuperación de la inversión a través de cinco prácticas esenciales de la economía circular. Por lo tanto, para efectos de la medición de la recuperación de la inversión utilizada, en esta obra se consideró la adaptación de la escala realizada por Silva *et al.* (2019), la cual se presenta en los siguientes gráficos.

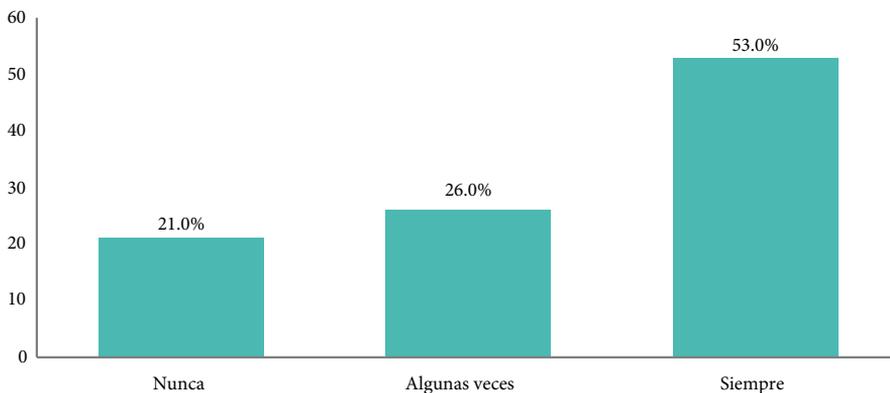
El gráfico 15 muestra que el 52.4% de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, cuentan con un programa de reducción de la inversión del exceso de inventarios de las materias primas o materiales, mientras que el 26.6% de ellas algunas veces tienen este tipo de programas, y el 21% nunca han tenido un programa de reducción de la inversión del exceso de inventarios de materias primas o materiales. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, un poco más de 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México tienen un programa de reducción de la inversión del exceso de inventarios de las materias primas o materiales. Sin embargo, el dato que destaca es que 2 de cada 10 empresas nunca han tenido un programa de este tipo, lo cual refleja que estas empresas manufactureras de la industria automotriz carecen de la implementación de las prácticas de la economía circular, y al parecer siguen trabajando con el método tradicional de la economía lineal, a pesar de pertenecer a una industria en plena evolución.

Gráfico 15. Existe un programa de reducción de la inversión del exceso de inventarios de las materias primas o materiales.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 16. Existe un programa de venta de chatarra o materiales reutilizados.

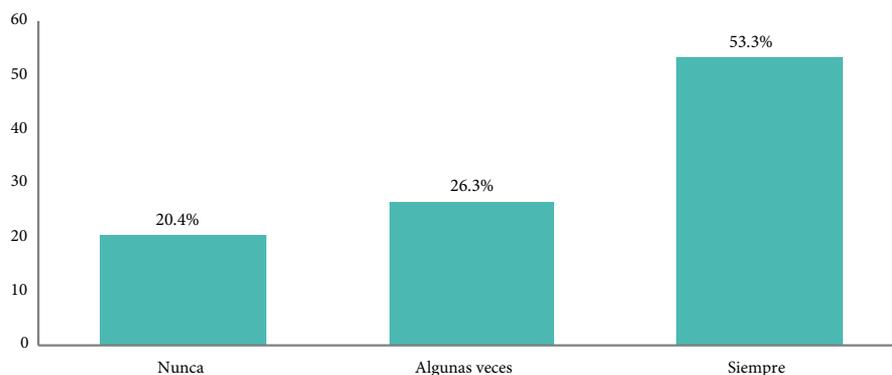


Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 16 muestra que el 53 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre han contado con un programa de venta de chatarra o materiales reutilizados, mientras que el 26 % de ellas algunas ve-

ces han contado con este tipo de programa de venta, y el 21 % nunca ha tenido un programa de venta de chatarra de materiales reutilizados. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, solo un poco más de 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México cuentan con un programa de venta de chatarra de materiales reutilizados. Sin embargo, nuevamente, el dato que sobresale es que 2 de cada 10 empresas manufactureras nunca han tenido un programa de venta de chatarra. Esta información tiene cierta lógica porque al parecer son las mismas empresas que no tienen de reducción de inventarios, por lo cual no tienen conocimiento de lo que tienen.

Gráfico 17. Existe un programa de venta de la maquinaria y equipo que ya no se utiliza en la organización.

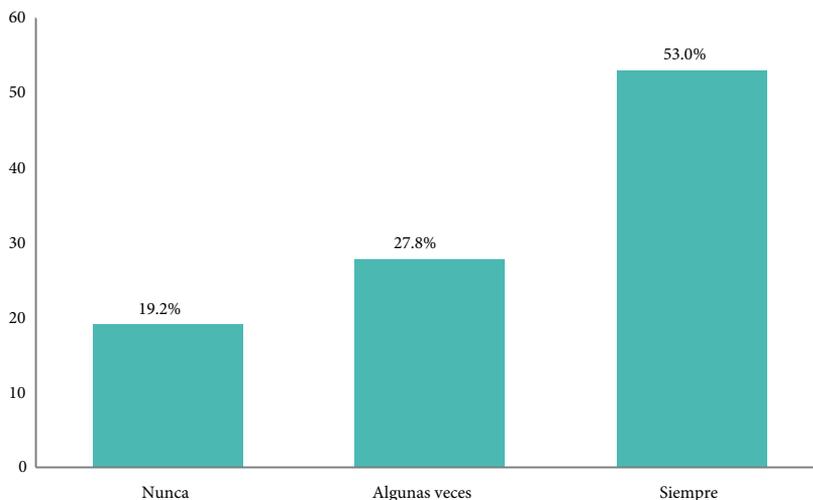


Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 17 establece que el 53.3 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre han tenido un programa de venta de maquinaria y equipo que ya no se utiliza, mientras que el 26.3 % de ellas algunas veces han tenido un programa de venta de maquinaria, y el 20.4 % nunca han tenido un programa de venta de maquinaria y equipo que ya no se utiliza. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, un poco más de 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí tienen un programa de venta de maquinaria y equipo que ya no se utiliza. Sin embargo, la información que sobresale es que siguen

siendo las 2 de cada 10 empresas, identificadas anteriormente, las que nunca han tenido un programa con este tipo de características, lo cual hace pensar que son las mismas empresas manufactureras las que carecen de los programas señalados con anterioridad.

Gráfico 18. Existe un programa de recolección y reciclaje de productos y materiales.

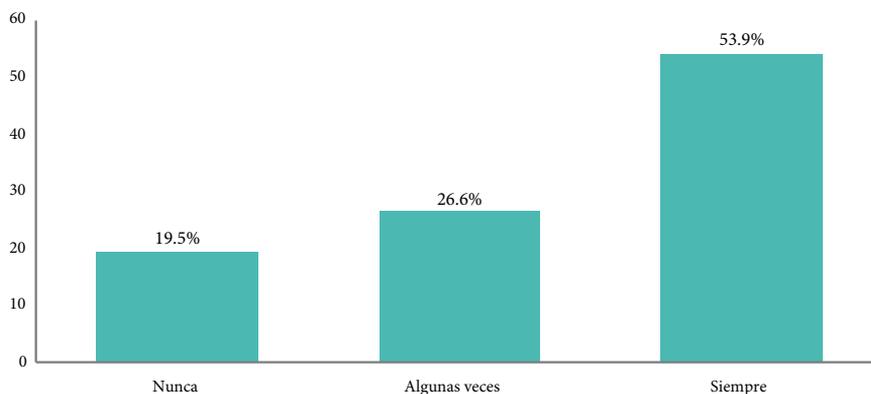


Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 18 demuestra que el 53 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre han tenido con un programa de recolección y reciclaje de productos y materiales, mientras que el 27.8 % de ellas algunas veces han tenido este tipo de programas de recolección y reciclaje, y el 19.2 % nunca han tenido un programa de recolección y reciclaje de productos y materiales. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre han contado con un programa de recolección y reciclaje de productos y materiales. Sin embargo, otra vez llama la atención que alrededor de 2 de cada 10 empresas manufactureras nunca han contado con un programa con estas características, lo cual genera muchas dudas ya que esta información hace pensar que una parte importante de los residuos sólidos industriales se llevan a los vertederos municipales y no se aprovecha el reciclaje de estos.

El gráfico 19 muestra que 53.9 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre han contado con un sistema de reciclaje de los productos utilizados y/o dañados, mientras que el 26.6 % de ellas algunas veces han contado con un sistema de reciclaje para dichos productos y el 19.5 % nunca han tenido un sistema de reciclaje de los productos utilizados y/o dañados. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, un poco más de 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí cuentan con un sistema de reciclaje de los productos utilizados y/o dañados. Sin embargo, la información que sobresale es exactamente la misma que la registrada en los gráficos anteriores, ya que son las mismas 2 de cada 10 empresas manufactureras las que nunca han tenido un sistema de reciclaje de sus productos, lo cual permite establecer que los residuos sólidos que generan estas empresas se depositan directamente en los vertederos municipales.

Gráfico 19. Existe un sistema de reciclaje de los productos utilizados y/o dañados.



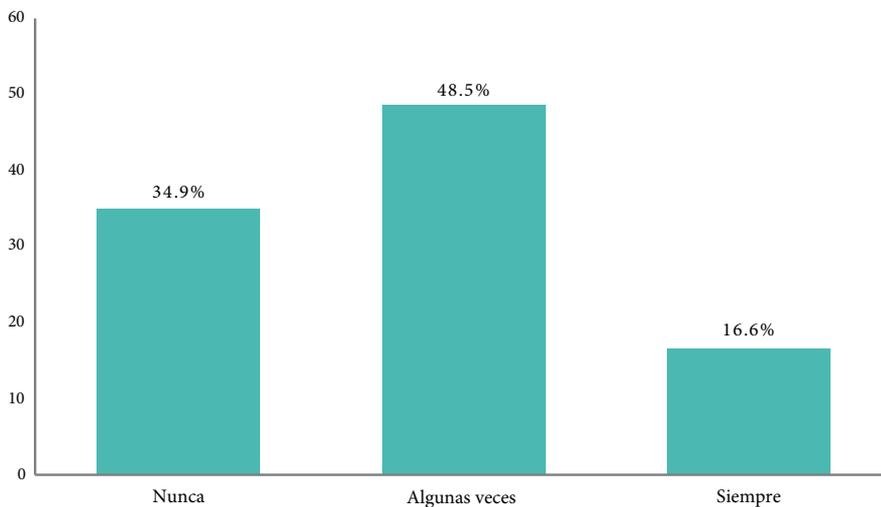
Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, los gráficos anteriormente presentados han mostrado un panorama de las prácticas de la economía circular en sus tres dimensiones: gestión ambiental interna, ecodiseño; y recuperación de la inversión; que han implementado las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, resaltando que en todos los gráficos en promedio el 20 % de las empresas manufactureras nunca han implementado ninguna práctica de la

economía circular, pues al parecer continúan trabajado con el modelo tradicional de una economía totalmente lineal: prodúzcalo, cómprelo, úselo y tírelo. Esta información llama demasiado la atención porque ella nos conduce a pensar que el 20 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz carecen totalmente de cualquier tipo de programa que mejore las condiciones medioambientales, así como el nivel del desarrollo sustentable de las organizaciones y las comunidades donde se localizan.

Asimismo, sería de suma importancia conocer el nivel general de la adopción e implementación de las prácticas de la economía circular en las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México, para lo cual se procedió a generar una nueva variable a la que se le llamó *prácticas de la economía circular*, la cual se generó a partir de la media de las diecinueve prácticas más relevantes de la escala de medición utilizada para mesurar las prácticas de la economía circular (los diez ítems con que se midió la gestión ambiental interna, los cuatro ítems utilizados para medir el ecodiseño y los cinco ítems con los cuales se midió la recuperación de la inversión). El gráfico que se presenta a continuación resume la información de los diecinueve ítems utilizados en la escala de medición de las prácticas de la economía circular.

Gráfico 20. Prácticas de la economía circular.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 20 indica que solo el 16.6 % de las manufactureras de la industria automotriz de México siempre han implementado las prácticas de la economía circular al interior y exterior de la organización, mientras que el 48.5 % de ellas algunas veces han implementado este tipo de prácticas y el 34.9 % nunca han implementado ninguna práctica de la economía circular. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, solamente 2 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México actualmente están implementando las prácticas de la economía circular. Sin embargo, la información que más destaca es que alrededor de 4 de cada 10 empresas nunca han implementado ninguna práctica de la economía circular, lo cual hace pensar que un porcentaje importante de empresas carecen de programas de mejora del medioambiente y el desarrollo sustentable.

Esta información tiene cierta lógica, y no debería llamar demasiado la atención de los lectores de esta obra, si se considera que México carece totalmente de políticas y leyes que promuevan la implementación y el desarrollo de la economía circular, no solo en las empresas manufactureras de la industria automotriz sino en la totalidad de la actividad económica del país. Lo cual, conlleva que las empresas no tengan la obligación de implementar las distintas actividades que requiere la economía circular. Mucho menos existe un programa de incentivos de cualquier tipo, sobre todo fiscales y de apoyo para la compra de tecnología ecológica, lo cual inhibe o frena la adopción de la economía circular en cualquier tipo de empresa u organización asentada a lo largo y ancho del territorio nacional.

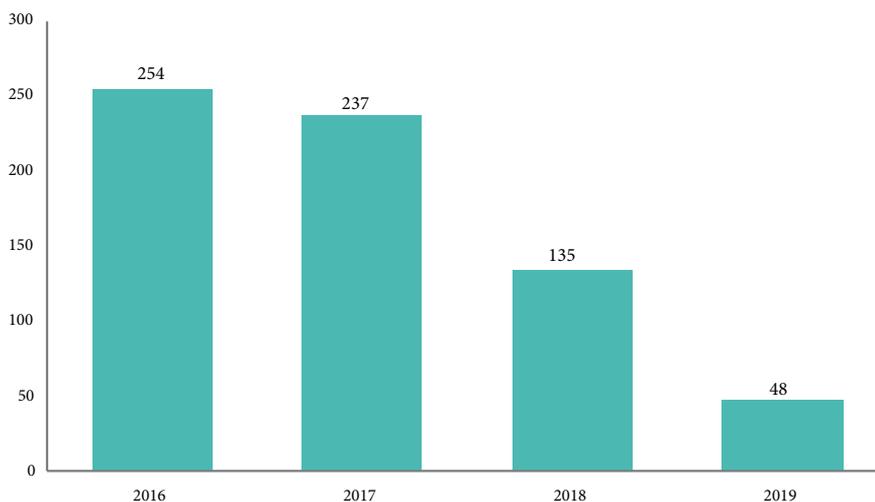
Por otro lado, cabría preguntarse *¿qué están haciendo las empresas manufactureras de la industria automotriz de México en términos de la implementación de las prácticas de la economía circular?* Con la finalidad de que el lector de este libro tenga un panorama general de las prácticas de la economía circular que actualmente están realizando las empresas manufactureras de la industria automotriz, se expondrá en este apartado solamente una breve información de las diversas actividades realizadas, y en el último apartado de esta obra se analizarán detalladamente las prácticas de la economía circular que actualmente se están implementando en las empresas armadoras de vehículos más importantes de la industria automotriz.

El gráfico 21 indica que la venta de vehículos eléctricos en México durante el período 2016-2019 se ha reducido significativamente, al pasar de 254 unidades en 2016 a 48 unidades durante el primer trimestre de 2019. Aun cuando

solamente se obtuvo la información del primer trimestre de 2019, la tendencia de los últimos tres años muestra una disminución en las ventas de vehículos eléctricos.

Esto tiene cierto sentido ya que el precio de este tipo de vehículos es superior al de los vehículos convencionales que utilizan combustibles fósiles, además de la insuficiencia de infraestructura para poder conectar o enchufar los vehículos eléctricos, aunado a la inexistencia de una política fiscal que promueva la adquisición y uso de este tipo de vehículos, lo cual hace prácticamente que resulte inviable para los consumidores particulares y las empresas en general la compra o adquisición de este tipo de vehículos.

Gráfico 21. Venta de vehículos eléctricos en México 2016-2019 (unidades).



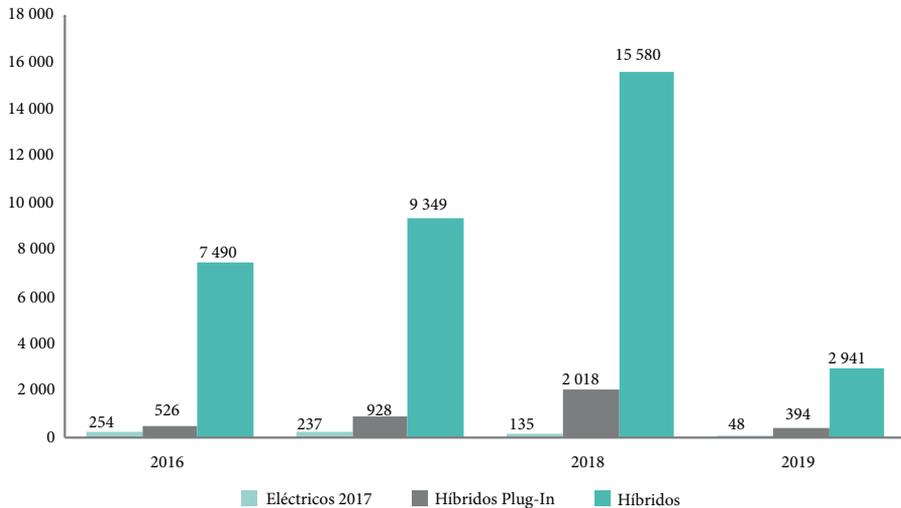
Fuente. INEGI (2019)

Con respecto a la venta de vehículos eléctricos e híbridos, el gráfico 22 indica que en México durante el período 2016-2019 existe tanto una reducción de la compra de vehículos eléctricos como un aumento significativo en la compra de vehículos híbridos *plug-in* e híbridos totales, al pasar de 526 unidades en el año 2016 a 394 unidades durante el primer trimestre de 2019 para los vehículos híbridos *plug-in*, y de 7 490 unidades en el año 2016 a 2 941 unidades durante el primer trimestre de 2019 para los vehículos híbridos. Aun cuando se ha

reducido de manera significativa la venta de vehículos eléctricos en México, se ha incrementado exponencialmente la venta de vehículos híbridos durante el mismo período de tiempo. La tendencia que tiene la venta de este tipo de vehículos, para los próximos cinco a diez años, es que seguirá con un ritmo de crecimiento ascendente.

Asimismo, no fue posible obtener la información de la producción total de vehículos eléctricos e híbridos por parte de las empresas manufactureras de la industria automotriz, ya que la información recabada contempla la producción total de vehículos y no separa entre los que son convencionales de los eléctricos e híbridos, por lo cual se carece de este tipo de información, pero lo que sí es seguro, es que la producción de este tipo de vehículos representa solo un pequeño porcentaje de la producción total. Por lo tanto, considerando la información presentada en los dos gráficos anteriores, es posible afirmar que las empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí están implementando algunas prácticas de la economía circular, al incrementar de manera exponencial la producción y venta de vehículos híbridos en el mercado mexicano, lo cual permite establecer que ello permitirá una reducción de los niveles de contaminación del aire por medio de una menor emisión de partículas de CO₂.

Gráfico 22. Venta de vehículos eléctricos e híbridos en México 2016-2019 (unidades).



Fuente. INEGI (2019)

La tabla 4 muestra la producción anual de vehículos híbridos durante el período 2018-2019 por parte de la empresa Ford Motor Company. Se puede observar que la producción de los dos modelos de automóviles de la empresa (que cumplen con esta característica) aumentaron significativamente tanto en el período de abril 2018-2019 como en el período enero-abril 2018-2019, al pasar el modelo Fusion Híbrido de 3 044 unidades a 5 981 unidades, y de 19 037 unidades a 35 108 unidades, respectivamente. Además, en la misma tabla se observa la existencia de una tendencia al alza en la producción de ambos modelos de vehículos híbridos, por lo cual se espera que esta tendencia se prolongue aún más en los próximos cinco o diez años con un incremento de producción y la posible adición al proceso de producción de algún o algunos otros modelos de la empresa para su fabricación con la incorporación de un motor híbrido.

Tabla 4. Producción anual de vehículos híbridos en México 2018-2019 (Ford Motor Company).

<i>Marca</i>	<i>Abril</i>		<i>Enero-abril</i>	
	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>
Ford Motor Company				
Fusion Híbrido	3 044	5 981	19 037	35 108
MKZ Híbrido	395	2 223	1 933	3 940

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2019.

La información presentada en la tabla anterior, sirve como ejemplo de lo que están realizando las empresas armadoras de autos asentadas en el territorio nacional y demuestra que, aun cuando no existe ninguna ley en México que promueva la implementación de las actividades de la economía circular, los corporativos de las empresas armadoras de vehículos han adoptado e implementado las actividades de la economía circular en sus países de origen y han trasladado a sus plantas de producción diversas actividades que integran la aplicación de la economía circular. Por lo cual, es posible establecer que, efectivamente, varias empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México sí están aplicando actualmente algunas prácticas de la economía circular, lo cual beneficia la sustentabilidad medioambiental y el desarrollo sustentable tanto de las empresas como de las localidades donde se encuentran ubicadas.

2. Percepción de la economía circular

Las consecuencias medioambientales, económicas y sociales del agotamiento y degradación de los recursos naturales, están generando la imperiosa necesidad de que la humanidad, las empresas y los gobernantes cambien su forma de ver y relacionarse con el medioambiente, ya que a nivel mundial la inmensa mayoría de las empresas manufactureras —entre ellas las que integran la industria automotriz— están inmersas en la aplicación de un modelo tradicional e insostenible de economía lineal, el cual consiste prácticamente en tomar, hacer, usar y tirar (Ormazabal *et al.*, 2018). En contraste, la economía circular es considerada, generalmente, en la literatura científica como «un sistema económico que representa un cambio de paradigma en la forma en que la sociedad se interrelaciona con la naturaleza, y promueve la prevención del agotamiento y degradación de los recursos naturales, la reducción del consumo de energía, la reutilización de los materiales y materias primas y la mejora sustancial del desarrollo sustentable» (Prieto-Sandoval *et al.*, 2018: 136).

Asimismo, países como Alemania, Francia, Reino Unido, Japón y China son las naciones que han registrado un avance fundamental en el desarrollo e implementación de leyes y políticas que promueven la adopción de la economía circular en las distintas empresas manufactureras de todos los sectores industriales de la economía (Blomsma y Brennan, 2017; Murray *et al.*, 2017). Un claro ejemplo de ello es el Paquete de Políticas de Apoyo a la Implementación de la Economía Circular impulsado por la Comisión Europea en el año 2015, siendo respaldado por la Unión Europea con un presupuesto de un poco más de 119,5 millones de euros, para convertirse en uno de los incentivos fiscales y económicos de mayor importancia en el mundo, que promueven la implementación de todas aquellas acciones que conlleva la economía circular, entre la totalidad de los países que integran la Unión Europea (EC, 2016).

Además, el Plan de Acción de la Unión Europea incluía cuatro propuestas legislativas esenciales que brindaban certeza jurídica en su implementación: 1) directiva marco sobre la gestión de los residuos; 2) directiva sobre el uso de vertederos municipales; 3) directiva sobre el embalaje de los productos, y 4) directiva sobre el término de la vida útil de los vehículos, baterías, acumuladores, residuos eléctricos y de equipamiento electrónico. Estas cuatro propuestas fueron ampliamente recibidas y adoptadas por la totalidad de los miembros que integraban el Comité de Medioambiente, Salud Pública y Seguridad Ali-

mentaria del Parlamento Europeo, los cuales definieron metas específicas para cada una de las cuatro propuestas de directivas con la finalidad de promover su implementación, en el menor tiempo posible, en todas las empresas manufactureras, particularmente las que integran la industria automotriz (Gordeeva, 2017).

Adicionalmente, los países que integran la Unión Europea no son los únicos en los cuales se ha aplicado la economía circular. Desde la introducción del concepto en 1960, la economía circular ha sido adoptada e implementada en varios países del mundo, obteniendo así resultados importantes que han aportado evidencia teórica y empírica relevante (Geng *et al.*, 2012; McIntyre y Ortiz, 2016; Michelini *et al.*, 2017; Korhonen *et al.*, 2018). Además, en la práctica, la economía circular promueve entre las distintas empresas manufactureras —incluidas entre ellas las que integran la industria automotriz— la adopción de un modelo de crecimiento que considere los requerimientos del cuidado del medioambiente y del desarrollo sustentable (EMF, 2015; CIRAIG, 2015; EC, 2015), de tal manera que las empresas manufactureras puedan crear productos que sean más amigables con el medioambiente.

De igual manera, derivado del incremento significativo de la problemática que representa el nivel de degradación del medioambiente y la escasez de recursos en todos los países del mundo, en particular en los países en vías de desarrollo (Zhu *et al.*, 2018), China fue el primero de los países de economía emergente que propuso, formalmente en el año 2002, la implementación de la economía circular como una estrategia para la totalidad de las empresas manufactureras del país (Su *et al.*, 2014). En 2008, China se convirtió en el primer país del mundo en promulgar una serie de leyes que promovían y beneficiaban la implementación de la economía circular en las empresas manufactureras de todos los sectores de la actividad económica (CIRAIG, 2015), principalmente en las empresas pertenecientes a la industria automotriz y de la minería, las cuales se caracterizaban por el elevado impacto negativo al medioambiente derivado de su producción intensiva (Long y Zhang, 2009; Yu *et al.*, 2017).

En este sentido, con la intención de reducir sustancialmente la demanda de combustibles fósiles y el impacto de su uso en el medioambiente, las autoridades gubernamentales de China decidieron implementar el modelo de desarrollo de la aplicación práctica de la economía circular, tanto en la industria automotriz como en la industria de la minería de carbón (González-Mejía y Ma, 2017). Sin embargo, si con la aplicación del modelo de la economía circu-

lar en la industria automotriz y de la minería de carbón se logran los resultados esperados, al obtener un crecimiento sostenible mediante el cual el crecimiento económico no genere un incremento en el daño medioambiental, entonces, el modelo de la economía circular se evaluaría científicamente (Ghisellini *et al.*, 2016), con la finalidad de implementarlo en la totalidad de las empresas manufactureras de las demás industrias y sectores de la actividad económica.

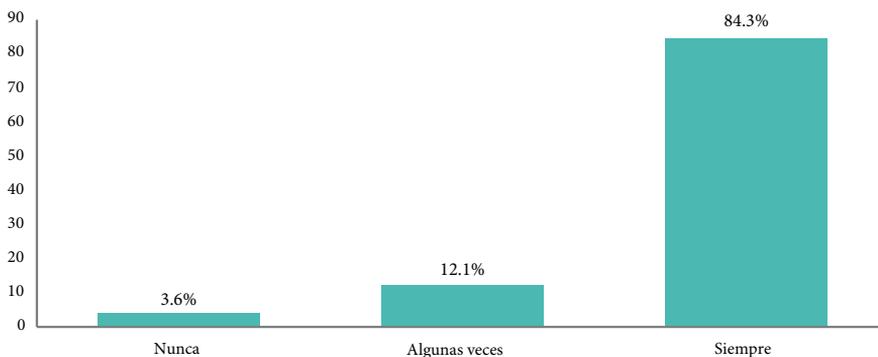
En particular, en un contexto de mejora del nivel de la sustentabilidad medioambiental global y del desarrollo de una economía que genere bajos niveles de contaminación ambiental y un mayor crecimiento verde; las comunidades científica, académica y empresarial están enfocadas, actualmente, en la construcción de un modelo de crecimiento sustentable de la economía circular que permita una evaluación —lo más exacta posible— del impacto que generan las empresas manufactureras de la industria automotriz y de la minería de carbón en el desarrollo sustentable (Rashidi y Farzipoor, 2015). Sin embargo, a la fecha no se ha podido construir un modelo con tales características, pero lo que sí se ha encontrado es que el concepto de la ecoeficiencia puede ser utilizado para el desarrollo de la evaluación cuantitativa de la relación de la economía circular y la sustentabilidad medioambiental, y se ha convertido en uno de los métodos cuantitativos más confiables para el análisis de la sustentabilidad de los sistemas (Müller *et al.*, 2014; Merlin y Boileau, 2017).

Además, diferentes investigadores, académicos y profesionales de la industria han adoptado una variedad de métodos para el análisis, discusión y evaluación de los efectos de la ecoeficiencia de las prácticas de la economía circular en el desarrollo sustentable, entre los que se encuentran el análisis del ciclo de vida de los productos (Wang *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2015; Chen *et al.*, 2016), el análisis del flujo de los materiales y materias primas (Sun *et al.*, 2017), el análisis de la huella ecológica (He *et al.*, 2016; Mikulcic *et al.*, 2016; Wright y Ostergård, 2016), y el análisis emergente (Hopton *et al.*, 2010; Hester y Little, 2013). Lo anterior, contribuye significativamente al enriquecimiento y aporte de nuevo conocimiento al sistema teórico y metodológico de evaluación de la ecoeficiencia de la aplicación práctica de las actividades de la economía circular en las empresas manufactureras de la industria automotriz, y a sus efectos, tanto en la sustentabilidad medioambiental como en el desarrollo sustentable.

Finalmente, investigadores, académicos y profesionales de la industria reconocen que son muy escasos los estudios publicados en la literatura científica que proponen escalas de medición de la percepción de la economía circular,

pues la mayoría de los estudios existentes se han enfocado en la propuesta de modelos teóricos de la conceptualización de la economía circular. Sin embargo, en la revisión exhaustiva de la literatura se encontró un estudio que fue publicado recientemente en la literatura científica por Ormazabal *et al.* (2018), quienes presentaron una propuesta de escala de medición de la percepción de la economía circular a través de nueve ítems, por lo cual para efectos de esta obra se realizó una adaptación de esta escala para la medición de la percepción de la economía circular y se presenta en los siguientes gráficos.

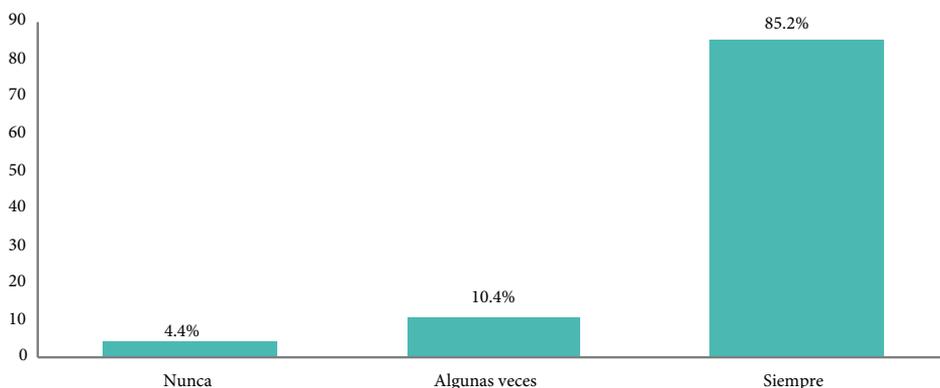
Gráfico 23. Los proveedores regularmente cumplen con la legislación medioambiental nacional y estatal vigente.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 23 indica que 84.3 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, consideran que sus proveedores siempre cumplen con la legislación medioambiental nacional y estatal vigente. Mientras que el 12.1 % de ellas considera que sus proveedores algunas veces cumplen con este tipo de legislación y el 3.6 % de las empresas manufactureras cree que sus proveedores nunca cumplen con la legislación medioambiental nacional y estatal vigente. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, un poco más de 8 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México creen que sus proveedores siempre cumplen con la legislación ambiental nacional y estatal vigentes, lo cual establece la confianza en el cumplimiento de los requisitos que deben de cumplir los proveedores para seguir en la cadena de proveeduría de las empresas automotrices.

Gráfico 24. Aplica regularmente criterios medioambientales en la compra y selección de los proveedores.



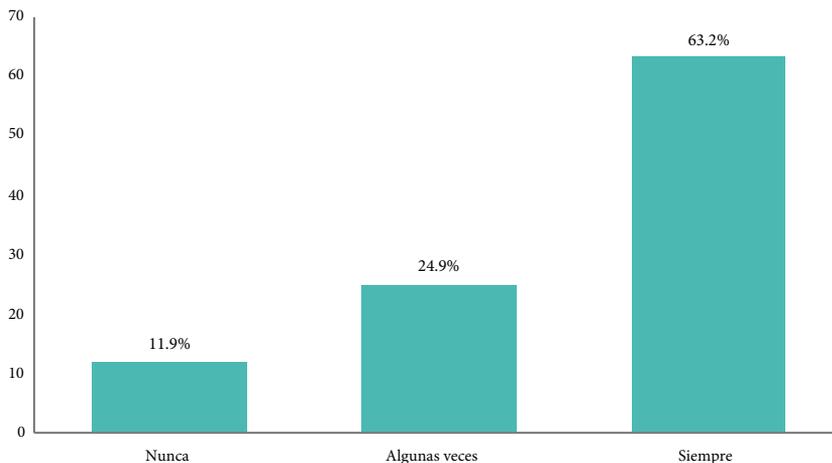
Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 24 muestra que el 85.2 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre aplican criterios medioambientales en la compra y selección de sus proveedores, mientras que el 10.4 % de ellas algunas veces utilizan este tipo de criterios de selección y el 4.4 % nunca aplican criterios medioambientales en la compra y selección de sus proveedores. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, alrededor de 9 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre aplican criterios medioambientales en la compra y selección de sus proveedores, lo cual permite establecer que las empresas armadoras de vehículos y sus principales proveedores, tienen, como uno de sus requisitos esenciales para aquellas empresas que quieran pertenecer a la cadena de proveeduría, criterios medioambientales para su selección.

El gráfico 25 establece que el 63.2 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre tienen criterios medioambientales establecidos para la reducción del consumo de materias primas, agua o energía en el diseño y elaboración de sus productos, mientras que el 24.9 % de ellas algunas veces tienen este tipo de criterios medioambientales, y el 11.9 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz nunca han tenido criterios medioambientales establecidos para la reducción del consumo de materias primas, agua o energía. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los re-

sultados encontrados, un poco más de 6 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre tienen criterios medioambientales establecidos para la reducción del consumo de materias primas, agua o energía en el diseño y elaboración de sus productos, lo cual permite establecer que aun cuando varias empresas tienen programas medioambientales para la selección de sus proveedores, carecen de criterios internos para la reducción del consumo de recursos.

Gráfico 25. Tiene criterios medioambientales establecidos para la reducción del consumo de materias primas, agua o energía en el diseño y elaboración de sus productos.

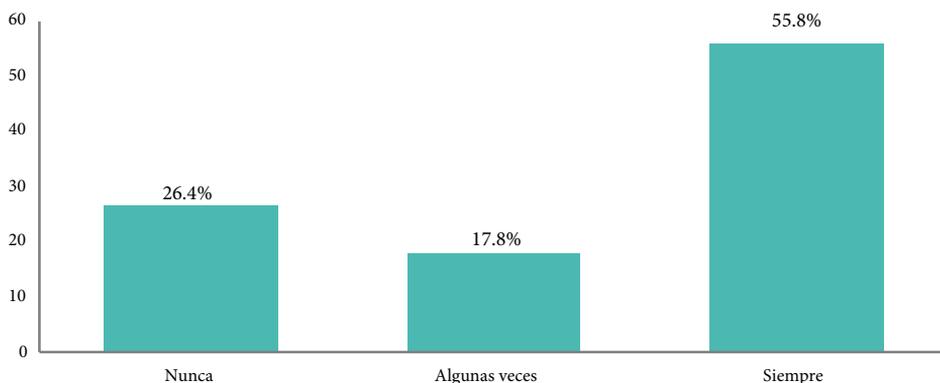


Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 26 demuestra que el 55.8 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre utilizan componentes o materias primas en la creación de sus productos que son biodegradables, mientras que el 17.8 % de ellas algunas veces utilizan este tipo de materiales y el 26.4 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz nunca han utilizado componentes o materias primas en la producción que son biodegradables. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, alrededor de 6 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre utilizan componentes o materias primas en la creación de sus productos que son biodegradables, pero el dato que más resalta es que cerca de

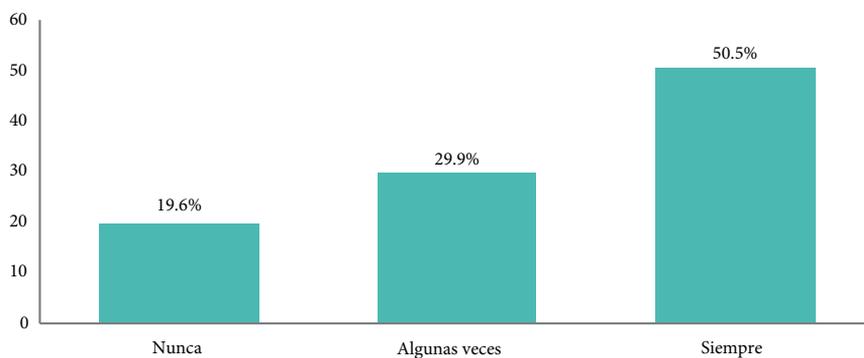
3 de cada 10 empresas nunca utilizan este tipo de materiales, aun cuando dicen tener criterios medioambientales.

Gráfico 26. Regularmente utiliza componentes o materias primas biodegradables en la creación de sus productos.



Fuente: Elaboración propia.

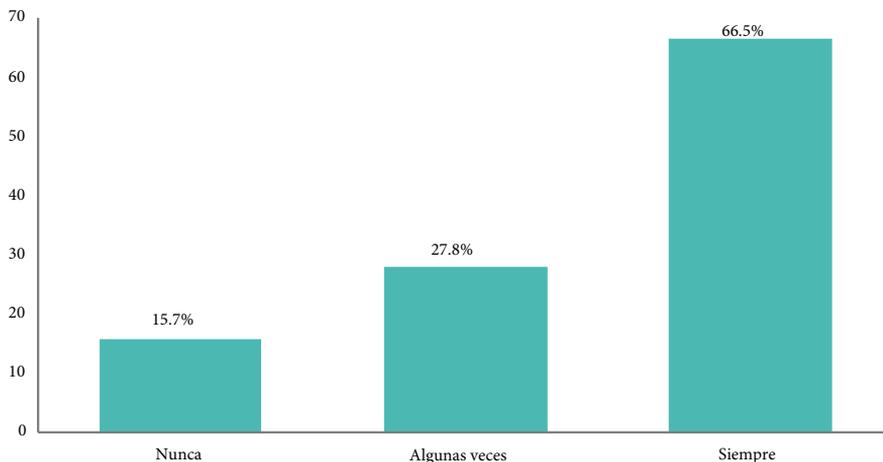
Gráfico 27. Algunos de los componentes o materias primas utilizados en la fabricación de los productos son reusados, reciclados o remanufacturados.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 27 indica que el 50.5 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre utiliza componentes o materias primas reusadas, recicladas o remanufacturadas en la fabricación de sus productos, mientras que el 29.9 % de ellas algunas veces utilizan este tipo de materiales y el 19.6 % nunca utilizan componentes o materias primas reusadas, recicladas o remanufacturadas en la fabricación de sus productos. Por ello, es posible inferir, de acuerdo con los resultados obtenidos, que 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México *sí* utilizan componentes o materias primas reusadas, recicladas o remanufacturadas en la fabricación de sus productos, pero el dato que más sobresale, es que 2 de cada 10 empresas nunca han utilizados este tipo de materiales, aun cuando algunas de ellas manifestaron utilizar criterios medioambientales al interior de las organizaciones, lo cual genera dudas en si realmente aplican criterios medioambientales y cumplen con la normatividad medioambiental.

Gráfico 28. Regularmente utiliza energías renovables para la recuperación y reutilización de los residuos.

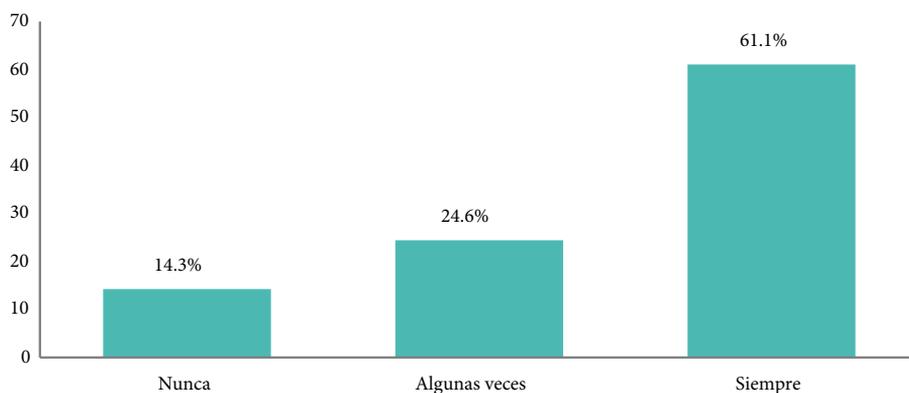


Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 28 muestra que el 66.5 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre utilizan energías renovables para la recuperación y reutilización de los residuos. Mientras que el 27.8 % de ellas

algunas veces utilizan este tipo de energías, y el 15.7 % nunca han utilizado energías renovables para la recuperación y reutilización de sus residuos. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con la información obtenida, alrededor de 7 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre han utilizado energías renovables para la recuperación de sus residuos, pero llama demasiado la atención que existan 2 de cada 10 empresas más que realicen esta actividad cuando habían manifestado en la pregunta anterior no utilizar este tipo de materiales en la producción de sus productos, lo cual podría indicar que la recuperación de los residuos no se reciclan en la empresa, sino que posiblemente los utilicen para la venta a otras empresas, lo cual generaría entonces muchas más dudas ya que estamos hablando de empresas que integran la industria automotriz.

Gráfico 29. Regularmente utiliza algunos tratamientos (como filtración, entre otros), para ampliar el uso de los recursos industriales como aceites, ácidos, lubricantes, etcétera.

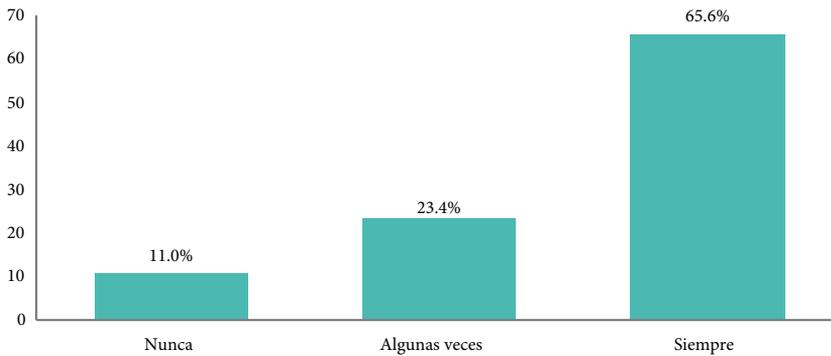


Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 29 revela que el 61.1 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre utilizan algunos tratamientos para ampliar el uso de los recursos industriales. Mientras que el 24.6 % de ellas algunas veces han utilizado este tipo de tratamientos y el 14.3 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz nunca han utilizado tratamientos para ampliar el uso de los recursos industriales. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, 6 de cada 10 empresas manufactur-

ras de la industria automotriz de México siempre han utilizado algunos tratamientos para ampliar el uso de sus recursos industriales, pero nuevamente el dato que más realza es que alrededor de 2 de cada 10 empresas nunca han utilizado algún tratamiento, pero dijeron que sí estaban comprometidas con el cuidado del medioambiente, lo cual genera bastantes dudas sobre la veracidad de información proporcionada.

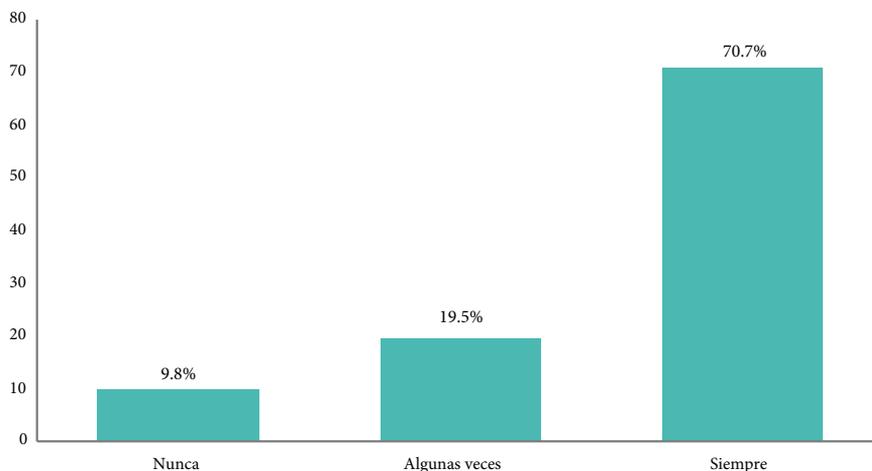
Gráfico 30. Regularmente la empresa recupera los productos que sus clientes ya no utilizan.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 30 enseña que el 65.6 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre recuperan los productos que sus clientes ya no utilizan. Mientras que el 23.4 % de ellas algunas veces recuperan este tipo de productos y el 11 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz nunca han recuperado los productos que sus clientes ya no utilizan. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, alrededor de 7 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre han recuperado los productos que sus clientes ya no utilizan, pero de nuevo, el dato que resalta es la existencia de 1 de cada 10 empresas que no realizan ninguna recuperación de los productos cuando dijeron que utilizan criterios medioambientales para la realización de sus compras y la selección de sus proveedores, además de que tienen un compromiso medioambiental, lo cual genera serias dudas sobre si realmente están implementando este tipo de prácticas de la economía circular o simplemente se proporcionó la información sin conocimiento de esta.

Gráfico 31. Regularmente la empresa comercializa los residuos y materiales industriales que ya no utiliza (químicos, aceites, empaques, plásticos, etcétera).



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 31 prueba que el 70.7 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre han comercializado los residuos y materiales industriales que ya no utilizan. Mientras que el 19.5 % de ellas algunas veces han comercializado este tipo de residuos, y el 9.8 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz nunca han comercializado los residuos y materiales industriales que ya no utilizan. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, 7 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre han comercializado los residuos y materiales industriales que ya no utilizan, pero otra vez el dato que llama la atención es que sea una empresa de cada 10 la que no comercializa sus residuos porque los envía a los vertederos municipales, pero manifestó que tiene un compromiso medioambiental, lo cual deja demasiadas dudas de la veracidad de la información proporcionada y de la aplicación de este tipo de actividades al interior de la organización.

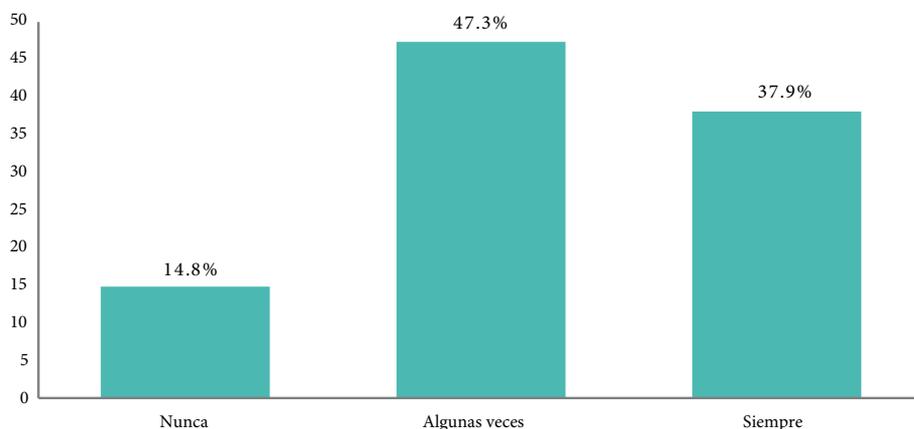
En términos generales, los gráficos presentados con anterioridad muestran un panorama general de la percepción de la economía circular, que tienen las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, resaltando algunas inconsistencias en la información obtenida, ya que aun cuando

algunas de las empresas manufactureras inicialmente habían manifestado aplicar criterios medioambientales en la selección de sus proveedores y tener un compromiso medioambiental, en los últimos gráficos presentados no se ven reflejados este tipo de criterios y compromisos, por ejemplo, al incrementarse el porcentaje de empresas que nunca han dado tratamiento a sus residuos o han reutilizado y reciclado los materiales y materias primas para incorporarlos nuevamente al proceso de producción. Lo cual, nos lleva a pensar que alrededor del 20 % del total de las empresas manufactureras de la industria automotriz, carecen totalmente de cualquier compromiso con el medioambiente, nunca han tenido ningún programa que permita el reciclaje de los residuos que genera o de la utilización de energías alternativas. Esto es preocupante porque nos lleva a pensar que todos los residuos que generan se llevan directamente a los vertederos municipales.

Además, sería importante conocer el nivel general de la percepción de la economía circular en las empresas manufactureras que pertenecen a la industria automotriz de México, con la finalidad de conocer en términos generales la percepción que tienen los directivos en la implementación de la economía circular. Para ello, se generó una nueva variable a la que se le llamó percepción de la economía circular, generándose a partir de la media aritmética de las nueve percepciones más relevantes utilizadas para la medición de la economía circular. Por ello, el gráfico que se presenta a continuación resume la información de los nueve ítems utilizados en la escala de medición de la percepción de la economía circular.

El gráfico 32 muestra que el 37.9 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre han adoptado prácticas de la economía circular en sus procesos internos y externos. Mientras que el 47.3 % de ellas algunas veces han adoptado las prácticas de la economía circular, el 14.8 % nunca han adoptado ninguna práctica de la economía circular. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, solamente alrededor de 4 de cada 10 empresas de la industria automotriz de México han adoptado prácticas de la economía circular, pero el dato que más se distingue es que cerca de 2 de cada 10 empresas manufactureras nunca han adoptado ninguna práctica de la economía circular, lo cual demuestra una falta total de compromiso medioambiental y del desarrollo sustentable que tiene la mayoría de las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México.

Gráfico 32. Percepción de la economía circular.



Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, sería primordial preguntarnos *¿qué están haciendo las empresas manufactureras de la industria automotriz de México en términos de la percepción que tienen de la economía circular?* Con la finalidad de proporcionar al lector de esta obra un panorama general de la percepción que tienen los directivos de las empresas manufactureras de la industria automotriz en la aplicación de la economía circular, se expondrá en los siguientes tres gráficos solo una breve información de la adopción de las prácticas de la economía circular que actualmente realizan las organizaciones, y en el último apartado de este libro, se analizará detalladamente la percepción de las prácticas de la economía circular en las empresas armadoras de vehículos más importantes de la industria automotriz ubicadas en México.

El gráfico 33 indica la producción acumulada de vehículos en México en el período de enero a junio de 2019 frente a 2018 por cada una de las empresas asentadas en territorio nacional. Se puede observar que son prácticamente cuatro las empresas armadoras de vehículos en las que concentra la mayor parte de la producción nacional (General Motors, Nissan, FCA México y Volkswagen) en ambos años. Además, también se observa un incremento importante en la producción de vehículos ligeros en algunas de las empresas armadoras, específicamente en dos de las cuatro empresas de mayor nivel de producción (General Motors y Volkswagen), lo cual indica la existencia de un aumento en

la producción de vehículos ligeros en México en los dos últimos años y, con ello, un aumento en el consumo de materiales, energía, agua y contaminantes al medioambiente.

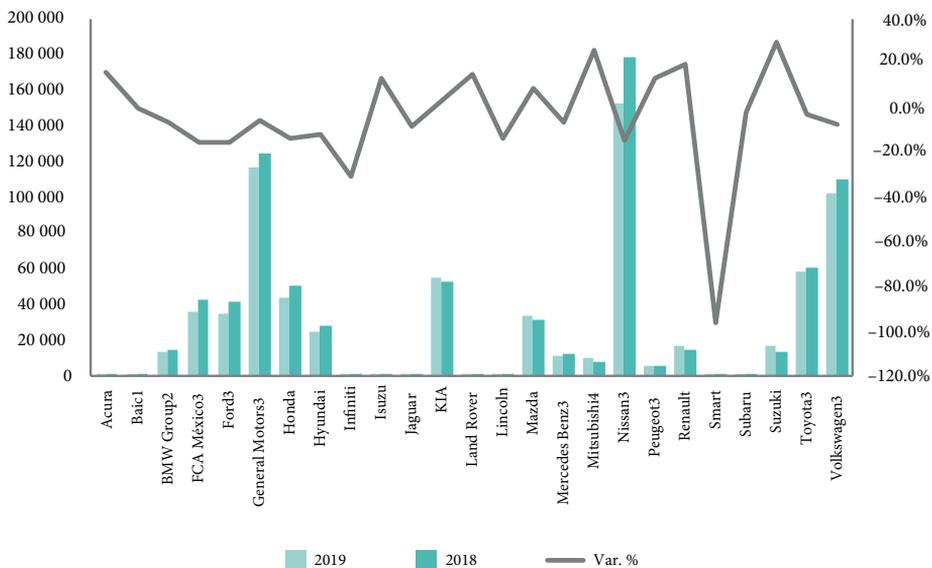
Gráfico 33. Producción acumulada de vehículo en México enero-julio 2019 frente a 2018 (por empresa).



Fuente: INEGI - Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros.

El gráfico 34 muestra las ventas acumuladas de vehículos ligeros en México en el período de enero a junio de 2019 contra 2018 por cada una de las empresas armadoras asentadas en el territorio nacional. Se puede observar que son esencialmente cinco empresas armadoras las que concentran la mayor cantidad acumulada de las ventas de vehículos ligeros en México (Nissan, General Motors, Volkswagen, Toyota y Kia). Además, también se observa, en la mayoría de las empresas armadoras de vehículos, la existencia de una disminución en las ventas de vehículos ligeros en el año 2019 con respecto a las registradas en el mismo período del año 2018, aun cuando se había registrado un aumento en el nivel de producción, lo cual nos indica que un porcentaje del nivel de la producción de vehículos ligeros fue destinado a los mercados internacionales.

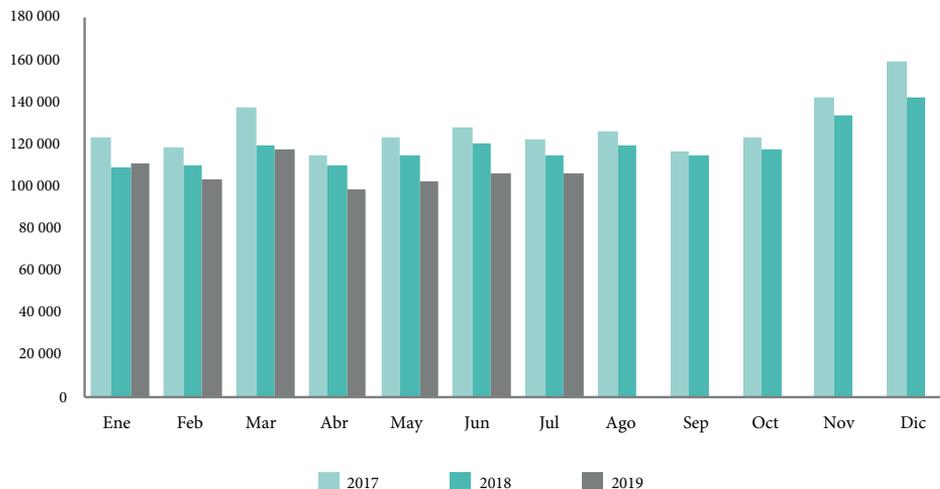
Gráfico 34. Ventas acumuladas de vehículos en México enero-julio 2019 frente a 2018 (por empresa).



Fuente: INEGI - Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros.

En los dos gráficos presentados con anterioridad, se aprecia tanto un incremento significativo del nivel de producción de vehículos ligeros por cada una de las empresas armadoras de vehículos asentadas en el territorio nacional, como una leve disminución en las ventas acumuladas de vehículos ligeros en el mercado mexicano en los últimos dos años. Esto nos lleva a inferir la existencia de un incremento en la demanda de materiales y materias primas para lograr el nivel de producción obtenido, un mayor uso de energía y agua, así como un aumento en los residuos sólidos generados durante el proceso de producción. Sin embargo, de acuerdo con la información obtenida es posible establecer que las empresas armadoras de vehículos cuentan con programas que reducen los niveles de residuos sólidos, al realizar actividades de reciclaje para la extracción de materiales que puedan ser incorporados nuevamente en la producción de vehículos, así como en generar menores niveles de contaminación.

Gráfico 35. Ventas totales de vehículos ligeros en México 2017-2019 (Unidades).



Fuente: INEGI, Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros.

El gráfico 35 indica las ventas totales de vehículos ligeros en México durante el período de 2017 a 2019. Se puede observar una disminución en las ventas generales de vehículos en los últimos tres años y se espera que, en los próximos cinco años, continúe esta leve tendencia a la baja en las ventas de vehículos ligeros nuevos en el mercado mexicano. Sin embargo, aun cuando existe una disminución en las ventas, la tendencia para los próximos cinco años es un aumento en el nivel de producción de vehículos ligeros en todas las empresas armadoras asentadas en México, lo cual permite inferir que los vehículos ligeros que no se vendan en los próximos años en el mercado mexicano tendrán como destino el mercado internacional, pero la generación de residuos sólidos industriales se quedará en México, por lo cual las empresas armadoras de vehículos tendrán que aplicar los programa de reciclaje de materiales para la disminución de los mismos y evitar su traslado a los vertederos municipales.

3. Oportunidades de la economía circular

A inicios de la década de 1990 en la literatura científica generalmente se consideraban como sinónimo la ecología industrial y la economía circular, ya que ambos constructos eran concebidos como un modelo para mejorar la industria a través del incremento en los flujos de los ciclos (Gordon *et al.*, 2019). Sin embargo, ambos constructos son totalmente distintos aunque guardan entre ellos una estrecha relación, e incluso la comunidad científica y académica reconoce que el concepto de la economía circular tiene sus orígenes precisamente en la ecología industrial, ya que en la actual literatura científica se establece que comúnmente la ecología industrial se basa en tres etapas conceptuales fundamentales: 1) flujos lineales de materiales, materias primas y energía; 2) semiciclos con reciclaje interno sustancial, y 3) un sistema idealizado con flujos de materiales a través de un círculo cerrado (Frosch y Gallopoulos, 1989).

Asimismo, mientras que estos tres principios esenciales se aplican en diferentes escalas y empresas manufactureras —entre ellas las que integran la industria automotriz— su implementación más popular es la *simbiosis industrial* (Jelinski *et al.*, 1992), la cual usualmente consiste en que parte de los residuos sólidos generados en los procesos industriales de una empresa determinada se convierten prácticamente en materia prima para otras empresas (Gordon *et al.*, 2019). Así, uno de los primeros casos de la simbiosis industrial publicados en la literatura científica fue el *Complejo de Kalundborg* (Farel *et al.*, 2016), el cual esencialmente surgió a través de una autoorganización espontánea entre diferentes empresas manufactureras de un mismo sector industrial, a las cuales se les denominó como *parques ecoindustriales* (Chertow, 2008) cuya característica esencial era el reciclaje y recuperación de los residuos sólidos industriales desechados en los procesos industriales, o bien la reutilización de los residuos generados por las mismas empresas.

En este sentido, la ecología industrial se convirtió en una excelente metodología de análisis para la descripción del metabolismo industrial (Anderberg, 1998), y fue ampliamente utilizada por la comunidad científica y académica para explicar la simbiosis industrial. Sin embargo, la ecología industrial era concebida como una metodología fundamentalmente descriptiva y, generalmente, no podía utilizarse como una técnica cuantitativa independiente para diseñar y analizar sistemas industriales sostenibles, de ahí es donde surge el concepto de la economía circular (Gordon *et al.*, 2019). Por ello, en épocas recientes,

el concepto de la economía circular se ha vuelto más popular no solamente entre la comunidad científica y académica, sino también en la comunidad empresarial y gubernamental, sobre todo a partir de su adopción e implementación en las distintas empresas manufactureras de China y Europa (Kirchherr *et al.*, 2017).

Además, en la literatura científica generalmente la economía circular es considerada como la metodología que facilita la minimización, a escala macro, del consumo de los recursos vírgenes (materias primas y materiales) y energía, a través de la maximización del reciclaje y recuperación de materiales y energía (Gordon *et al.*, 2019). Esta conceptualización de la economía circular es similar a la de la ecología industrial, pero se diferencia de ella, fundamentalmente, en el énfasis en la creación de empresas comerciales que permitan impulsar un aumento significativo de los flujos circulares de los materiales y materias primas (Gordon *et al.*, 2019). Sin embargo, en una encuesta reciente sobre la economía circular aplicada a una muestra grande de empresas manufactureras, puso en evidencia la falta de acuerdo entre la comunidad científica y académica sobre la definición anterior, manifestando sus principales detractores una falta de fundamentación científica firme (Kirchherr *et al.*, 2017).

Bajo este contexto, la conceptualización de la economía circular ha cambiado constantemente y ha sido demasiado difícil su implementación práctica en las empresas manufactureras de todos los sectores e industrias, debido principalmente a la diversidad de barreras que dificultan o frenan la efectividad de las soluciones tecnológicas subyacentes (Ritzén y Ölundh, 2017). Además, tanto la ecología industrial como la economía circular pueden establecer objetivos claros y metas alcanzables en las diferentes empresas manufactureras —entre ellas las que integran a la industria automotriz—, pero sin lugar a dudas se beneficiarían más las empresas manufactureras con la adopción e implementación de las distintas actividades que integran la economía circular porque contempla, de forma práctica, métodos de diseño de ingeniería más robustos para el desarrollo de productos que faciliten el logro de dichos objetivos y metas en un tiempo relativamente corto, una mejor gestión de los residuos sólidos industriales, así como el reciclaje y recuperación de materiales y materias primas para incorporarlos nuevamente al proceso de producción (Gordon *et al.*, 2019).

Adicionalmente, el agotamiento cada vez mayor de los recursos naturales no renovables a nivel global está ocasionando diversos problemas ecoló-

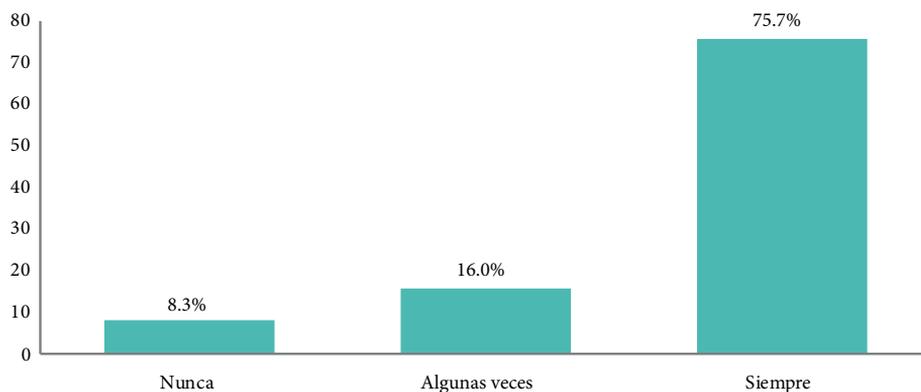
gicos y sociales, aunado al uso indiscriminado de la demanda de los recursos requeridos para la fabricación de productos, está generando serios problemas medioambientales y de desarrollo sustentable (Ritzén y Ölundh, 2017). Por ello, con la finalidad de implementar en las empresas manufactureras de todos los sectores e industrias, un modelo que permita un sistema económico más sostenible, recientemente se está considerando a la economía circular como un nuevo enfoque que permita cambiar el modelo actual de linealidad del ciclo de vida de los productos, por uno que contemple la circularidad del ciclo de vida de los productos para que estos sean más amigables con el medioambiente y generen un menor nivel de contaminación del medioambiente.

De igual manera, la implementación de la economía circular establece el compromiso que tienen las empresas manufactureras de la industria automotriz de reutilizar los materiales disponibles en lugar de desecharlos en los distintos vertederos municipales, lo cual permitiría cerrar el ciclo de los materiales y materias primas en el desarrollo de nuevos productos, así como reducir el uso de recursos y la demanda de energía (Ritzén y Ölundh, 2017). Por lo tanto, el crecimiento de la economía con la adopción e implementación de las actividades de la economía circular en todas las empresas manufactureras de los distintos sectores e industrias de la actividad económica, no se logra produciendo una mayor cantidad de productos, sino más bien al generar productos que tengan un mayor tiempo de vida útil de tal manera que se mantengan disponibles con los clientes y consumidores durante más tiempo (Amui *et al.*, 2017).

Sin embargo, la adopción e implementación de las actividades de la economía circular requiere la realización de cambios fundamentales en las empresas manufactureras de la industria automotriz que involucren a sus principales socios comerciales, ya que la transición de un modelo tradicional de economía lineal a un modelo de economía circular generalmente es de naturaleza disruptiva, al requerir de nuevas soluciones para la fabricación de productos que no dañen el medioambiente, lo cual implica un cambio total en las formas de trabajo del personal de la organización (Ritzén y Ölundh, 2017). Los distintos cambios requeridos por la economía circular están estrechamente relacionados con la capacidad que tengan las empresas manufactureras de la industria automotriz para gestionar adecuadamente las actividades de innovación, pues la innovación se ha convertido en una parte esencial de las empresas no solo para generar productos más amigables con el medioambiente, sino también para lograr un mayor nivel de desarrollo sustentable.

Finalmente, diversos investigadores, académicos y profesionales de la industria reconocen que son, relativamente pocos, los estudios publicados en la actual literatura científica que han generado escalas de medición de las actividades de la economía circular, ya que la mayoría de los estudios publicados se han orientado en el análisis y discusión de la conceptualización de la economía circular, dejando de lado la medición de su aplicación práctica. Sin embargo, una revisión exhaustiva de la literatura científica de la economía circular en las revistas especializadas permitió encontrar un estudio reciente realizado por Ormazabal *et al.* (2018), quienes diseñaron una escala de medición de las oportunidades de la economía circular en las empresas manufactureras, la cual fue medida a través de una escala de cinco ítems. Por lo tanto, para efectos de este libro se realizó una adaptación de esta escala para la medición de las oportunidades de la economía circular en la industria automotriz en México y se presenta en los siguientes gráficos.

Gráfico 36. Incrementar significativamente su prestigio.

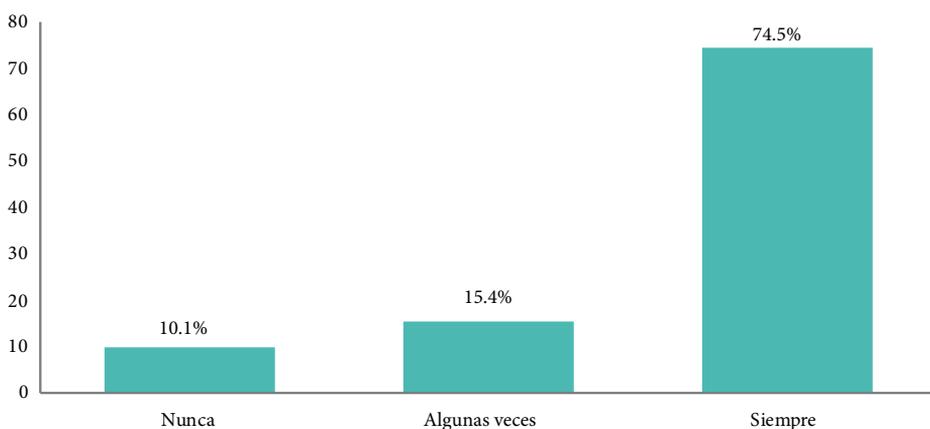


Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 36 revela que el 75.7% de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, cree que aplicar siempre la economía circular les ha permitido incrementar significativamente su prestigio. Mientras que el 16% de ellas cree que algunas veces se los ha permitido y el 8.3% de las empresas manufactureras de la industria automotriz cree que la aplicación de la economía circular nunca incrementa significativamente su prestigio. Por lo tanto,

es posible inferir que, alrededor de 8 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí consideran que la aplicación de la economía circular incrementa significativamente su prestigio, pero el dato que más sobresale es que 1 de cada 10 empresas manufactureras no cree que la economía circular puede incrementar su prestigio, lo cual demuestra el desconocimiento que se tiene de esta importante herramienta empresarial.

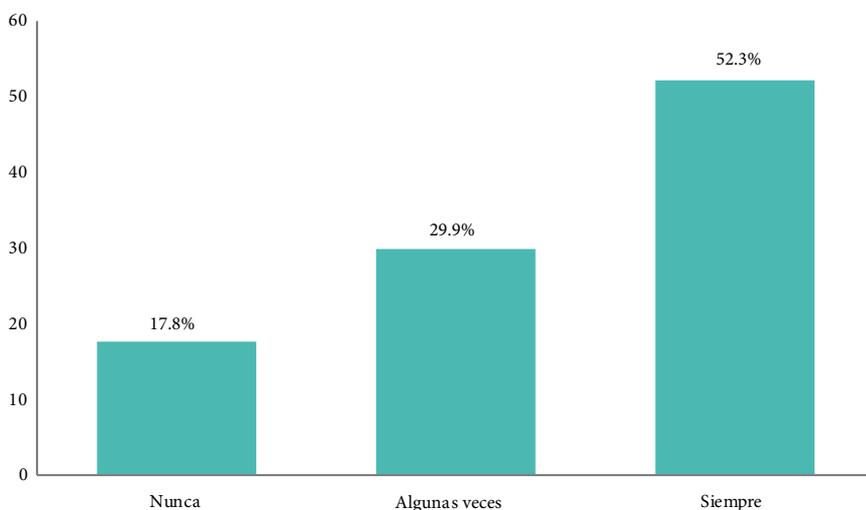
Gráfico 37. Reducir significativamente sus costos.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 37 muestra que el 74.5 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, considera que aplicar siempre la economía circular les ha permitido reducir significativamente sus costos. Mientras que el 15.4 % de ellas considera que algunas veces la aplicación de la economía circular se los ha permitido y el 10.1 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz cree que la aplicación de la economía circular nunca les permitiría reducir de manera significativa sus costos. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, alrededor de 8 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí creen que la aplicación de la economía circular les permitiría reducir significativamente sus costos, pero se reitera, llamando la atención, que 1 de cada 10 empresas no lo considere. Esto demuestra el desconocimiento que tienen de las diversas ventajas y beneficios que genera la implementación de la economía circular.

Gráfico 38. Incrementar significativamente su rentabilidad financiera.



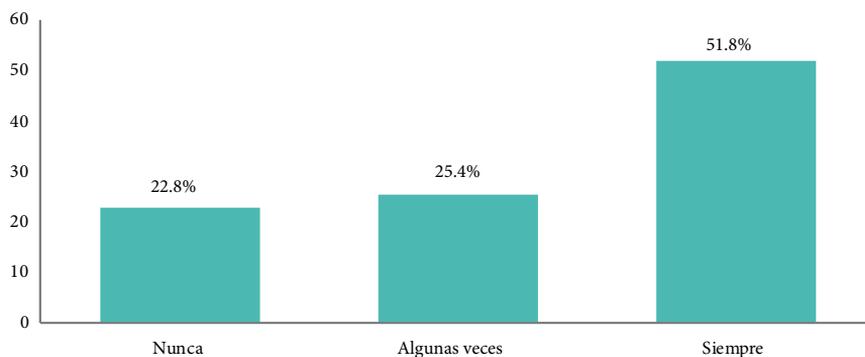
Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 38 demuestra que el 52.3 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, considera que el siempre aplicar la economía circular les permite incrementar significativamente su rentabilidad financiera. Mientras que el 29.9 % de ellas cree que algunas veces se los ha permitido y el 17.8 % cree que la aplicación de la economía circular nunca les permitiría incrementar significativamente su rentabilidad financiera. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México *sí* creen que la aplicación de la economía circular les permite incrementar significativamente su rentabilidad financiera, pero nuevamente el dato que es más llamativo es que alrededor de 2 de cada 10 empresas no lo crean, por lo cual aun cuando manifestaron que la aplicación de la economía circular les permitía reducir sus costos, no creen que también les permita incrementar su rentabilidad financiera, lo cual resulta incongruente.

El gráfico 39 muestra que el 51.8 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, considera que el aplicar siempre la economía circular les permite mejorar significativamente el medioambiente de la locali-

dad donde están instaladas, mientras que el 25.4 % de ellas considera que algunas veces la aplicación de la economía circular se los permite, y el 22.8 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz considera que la aplicación de la economía circular nunca les permitiría mejorar significativamente el medioambiente de su localidad. Por ello, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México creen que la aplicación de la economía circular sí les permite mejorar esencialmente el medioambiente de la localidad donde están instaladas, pero ahora son un poco más de 2 de cada 10 empresas las que creen que no es posible esta afirmación, lo cual demuestra su desconocimiento.

Gráfico 39. Mejorar significativamente el medioambiente de la localidad donde está instalada.

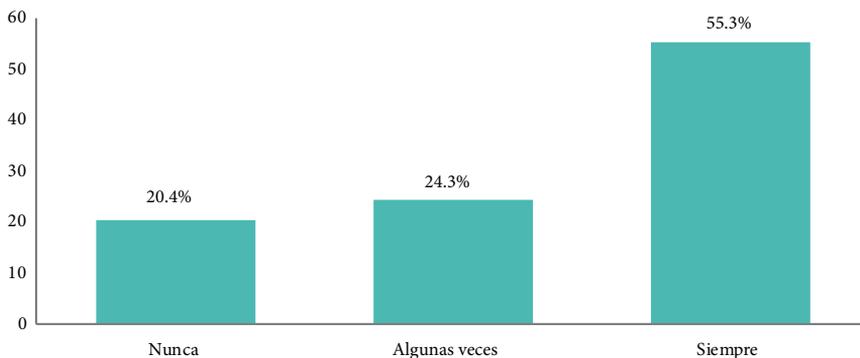


Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 40 enseña que el 55.3 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, considera que la aplicación de la economía circular siempre les ha permitido mejorar significativamente la sustentabilidad de la empresa, mientras que el 24.3 % de ellas considera que algunas veces la aplicación de la economía se los permite, y el 20.4 % de las empresas manufactureras considera que la aplicación de la economía circular nunca les permitiría mejorar significativamente la sustentabilidad de la empresa. Por ello, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, alrededor de 6 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México, consideran que la aplicación de la economía circular sí les permite mejorar significativamente la sustentabilidad de la empresa, pero nuevamente el dato que

más llama resalta es que sean 2 de cada 10 empresas las que no lo consideran, lo cual demuestra, otra vez, su falta de conocimiento de las ventajas que ofrece la economía circular.

Gráfico 40. Mejorar significativamente la sustentabilidad de la empresa.



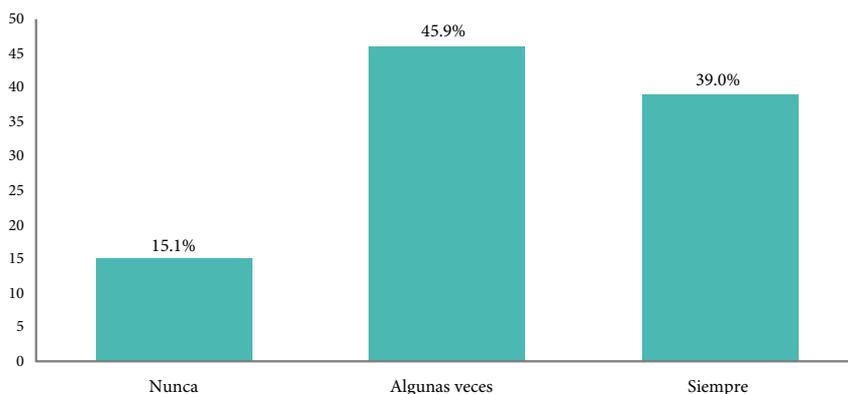
Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, los gráficos que se presentaron con anterioridad muestran un panorama general de las oportunidades que brinda la aplicación de la economía circular en las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, encontrando que en la mayor parte de los gráficos, en promedio, el 20 % de las empresas manufactureras nunca han estado de acuerdo en que la aplicación de la economía circular les genere beneficios financieros, medioambientales y de sustentabilidad, lo cual demuestra un profundo desconocimiento de las ventajas que ofrece esta importante metodología empresarial. Además, aun cuando algunas empresas manufactureras consideran que la aplicación de la economía circular les permite reducir significativamente sus costos, no creen que también les permita mejorar su nivel de rentabilidad financiero y, mucho menos la sustentabilidad de la organización, por lo cual se infieren dos posibilidades: que la información proporcionada por los directivos no es correcta o que no se conoce el concepto de economía circular.

Además, sería muy importante conocer el nivel general de la percepción de la economía circular que tienen los directivos de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, para lo cual se procedió a la generación de una nueva variable a la que se le llamó percepción de la economía

circular, la cual se generó a partir de la media aritmética de las cinco percepciones más importantes que se encontraron en la literatura científica y que fueron utilizadas para la medición de la percepción de la economía circular. El gráfico que se presenta a continuación resume la información de los cinco ítems utilizados en la escala de medición de las prácticas de la economía circular.

Gráfico 41. Oportunidades de la economía circular.



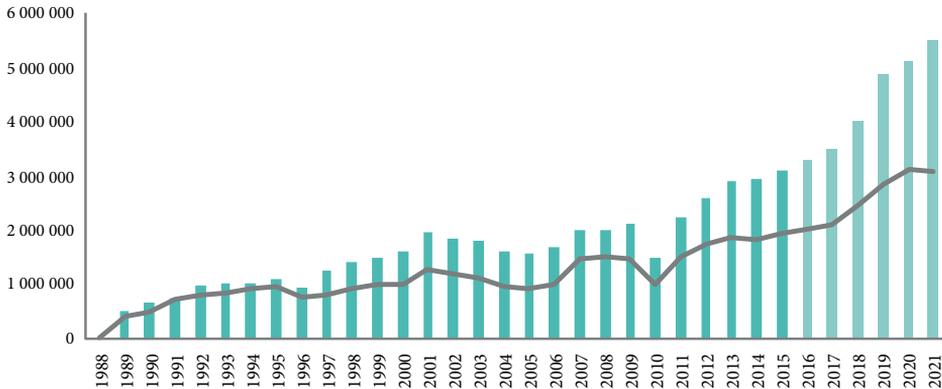
Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 41 establece que el 39 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre ha considerado las oportunidades que brinda la aplicación de la economía circular, mientras que el 45.9 % de ellas algunas veces ha considerado estas oportunidades y el 15.1 % nunca ha considerado las oportunidades que brinda la aplicación de la economía circular. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, alrededor de 4 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre han considerado las oportunidades que brinda la economía circular en sus organizaciones. Sin embargo, el dato más relevante y que llama la atención es que sean alrededor de 2 de cada 10 empresas las que no consideran que la economía circular les brinda oportunidades en su aplicación. Esto demuestra un profundo desconocimiento entre la comunidad empresarial no solamente de la importancia que tiene la implementación de esta metodología empresarial para reducir los niveles de contaminación de las empresas,

sino también de los múltiples beneficios económicos y sociales que su implementación genera a las empresas manufactureras.

Por otro lado, sería importante preguntarnos *¿qué están haciendo las empresas manufactureras de la industria automotriz de México en términos de las oportunidades que brinda la adopción de la economía circular?* Con el firme propósito de que el lector de esta obra tenga un panorama general del aprovechamiento de las oportunidades que les brinda la adopción e implementación de la economía circular a las empresas manufactureras de la industria automotriz, se expondrá en este apartado solamente una breve información de las diversas actividades realizadas y en el último apartado de esta obra, se analizarán detalladamente las oportunidades de la economía circular que actualmente se están implementando en las empresas armadoras de vehículos más importantes de la industria automotriz.

Gráfico 42. Producción de vehículos en México 1988-2015 y pronóstico para 2016-2022 (unidades).

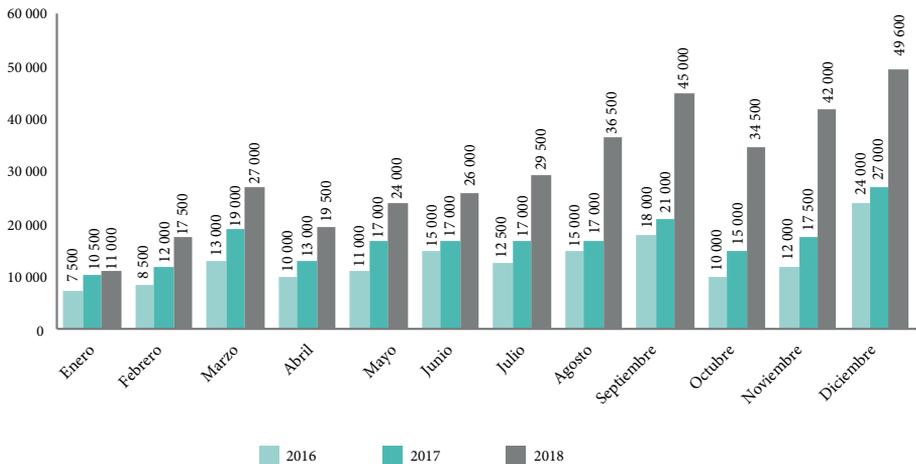


Fuente: Elaborado por el CEFP con datos de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA).

El gráfico 42 indica la producción de vehículos en México durante el período de 1988-2015 y una estimación para 2016-2022, y se puede observar la existencia de una tendencia al alza en el nivel de producción de vehículos en las dos últimas décadas, con excepción del año 2010 donde se dio una contracción en el nivel de producción. Además, también se observa en el mismo grá-

fico que la tendencia en la producción de vehículos ligeros va al alza, lo cual permite establecer que el nivel de producción de vehículos en las plantas armadoras asentadas en el territorio nacional se ha estado incrementando significativamente durante las dos últimas décadas. Esto demuestra la existencia de un dinamismo importante en la industria automotriz tanto en el crecimiento de la economía como en el desarrollo de la sociedad, pero este dinamismo en el crecimiento de la producción de vehículos también conlleva un mayor nivel de uso de materiales, materias primas y energía y, por supuesto, un incremento en el volumen total de residuos y desechos, así como en el nivel de contaminación medioambiental.

Gráfico 43. Ventas mensuales de vehículos eléctricos en Estados Unidos 2016-2018 (unidades).

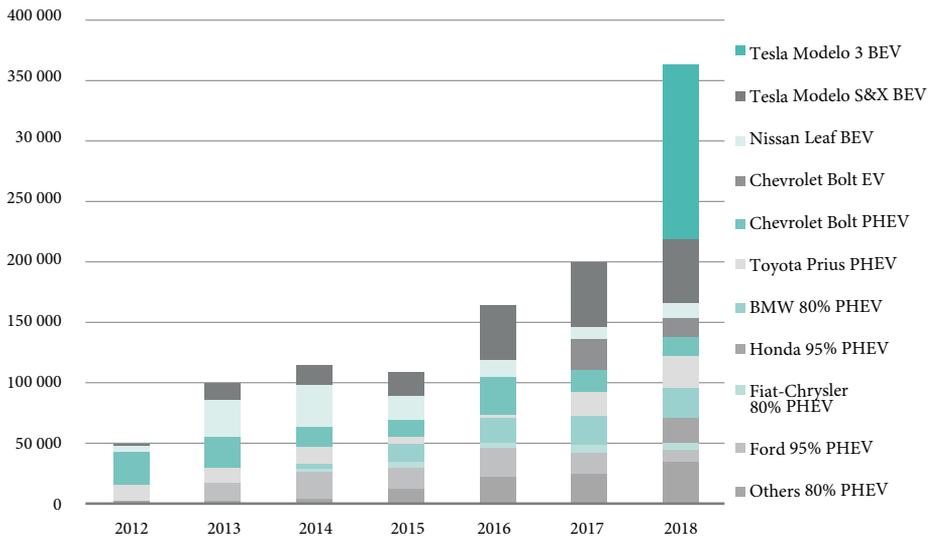


Fuente: <EVvolumes.com>.

El gráfico 43 muestra las ventas mensuales de vehículos eléctricos en Estados Unidos durante el período 2016-2018. Se puede observar un crecimiento exponencial en las ventas realizadas en el año 2018 y, de acuerdo con esta tendencia al alza, se espera que en los próximos cinco o diez años se incremente aún más el volumen de ventas de los vehículos eléctricos en el mercado de Estados Unidos. Si consideramos que más de la mitad de la producción de vehículos ligeros en México se destinan al mercado internacional y que, del volumen total de las exportaciones de vehículos de México, cerca del 70 % tienen como

destino el mercado de Estados Unidos, entonces esta información nos permite inferir que un porcentaje importante de las ventas de los vehículos eléctricos en Estados Unidos, corresponden a los vehículos fabricados en México lo cual nos lleva a pensar que efectivamente las empresas manufactureras de la industria automotriz de México están aprovechando las oportunidades que les brinda la adopción de la economía circular.

Gráfico 44. Ventas de vehículos eléctricos por marca y modelo en Estados Unidos 2012-2018.



Fuente: <EVvolumes.com>.

El gráfico 44 menciona las ventas de vehículos eléctricos por marca y modelo en Estados Unidos durante el período 2012-2018. Se puede observar la existencia de un crecimiento exponencial en las ventas de vehículos eléctricos en el año 2018, lo cual demuestra el crecimiento en volumen de ventas que tiene el mercado de Estados Unidos y, la tendencia para los próximos cinco años es de un incremento aun mayor al registrado en los últimos años de análisis. Sin embargo, el gráfico también muestra la disminución en la participación de las ventas de vehículos eléctricos por parte de algunas empresas armadoras de automóviles ubicadas en México, como por ejemplo Nissan (Leaf BEV) y Ford (95% PHEV), pero también se muestra un incremento importante en

las ventas de vehículos eléctricos de otras empresas como es el caso de Toyota (Prius PHEV) y la aparición en el mercado de Estados Unidos de empresas como Honda (95 % PHEV).

En este sentido, la información presentada en el gráfico anterior confirma que las empresas armadoras de vehículos establecidas en México están aprovechando las oportunidades que brinda la adopción e implementación de las actividades de la economía circular. Posiblemente, algunas empresas más que en otras, pero lo importante es que se implemente una gestión de los residuos sólidos industriales más eficiente, para que los desechos industriales que tienen como destino los vertederos municipales sean relativamente pocos. Además, el incremento en la producción y venta de vehículos eléctricos por parte de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México nos permite establecer que, efectivamente, estas empresas tienen un compromiso medioambiental y de mejora del desarrollo sustentable con la comunidad donde se encuentran localizadas. Sin lugar a duda, unas empresas armadoras de vehículos podrían tener un mayor nivel de compromiso que otras.

4. Barreras de la economía circular

El concepto de la economía circular ha recibido una atención cada vez mayor por parte de la comunidad científica, académica, empresarial y gubernamental, prueba de ello es el incremento exponencial en la publicación de estudios relacionados con este concepto en la literatura (D'Amato *et al.*, 2017; Murray *et al.*, 2017). Además, la idea central del concepto de la economía circular tiene sus orígenes en la década de 1960 (Boulding, 1966), y prácticamente comenzó su análisis y discusión durante la década de 1970 (Stahel, 1981). Además, una parte importante del entusiasmo que está generando la economía circular se debe a los beneficios que genera en el desarrollo sustentable de las empresas manufactureras (Bocken *et al.*, 2016; Homrich *et al.*, 2018), ya que, por ejemplo, la economía circular redujo en un 48 % las emisiones de CO₂, generó beneficios económicos netos de 1.8 trillones de euros y 2 millones de trabajos adicionales antes de que finalice el año 2030 en la Unión Europea (EC, 2014; EMF, 2015).

Asimismo, parte del éxito de la economía circular se debe esencialmente al apoyo recibido por la comunidad, científica, académica y, sobre todo, empre-

sarial; (Lacey y Rutqvist, 2016) y a los resultados generados en su implementación en distintos países (Ghisellini *et al.*, 2016; Stahel, 2016). Sin embargo, en distintos estudios publicados recientemente en la literatura científica, diversos investigadores, académicos y profesionales de la industria, han considerado la existencia de límites en el progreso de la implementación de la economía circular, debido esencialmente a una diversidad de barreras que frenan o inhiben la adopción de las actividades de la economía circular en las empresas manufactureras —entre ellas las que integran la industria automotriz— (Shahbazi *et al.*, 2016; Pheifer, 2017; Ranta *et al.*, 2017; Mont *et al.*, 2017; De Jesús y Mendonça, 2018), aunado al desconocimiento que en la actualidad tienen muchos empresarios de las bondades y ventajas que representa la adopción de la economía circular.

En este sentido, una de las contribuciones más importante que actualmente se ha realizado en esta temática es el estudio realizado por De Jesús y Mendonça (2018), quienes hicieron una profunda revisión de la literatura sobre las barreras que frenan o inhiben la adopción e implementación de la economía circular, con la intención de desarrollar un marco de las barreras esenciales que tiene la economía circular. Asimismo, De Jesús y Mendonça (2018) encontraron la existencia de dos grupos de barreras: barreras suaves y barreras duras, las cuales dependen de la comprensión que tenga cada empresario del concepto de economía circular, ya que, prácticamente, la economía circular significa diferentes cosas para cada una de las personas (Kirchherr *et al.*, 2017; De Jesús y Mendonça, 2018). Sin embargo, De Jesús y Mendonça (2018) consideraron que las barreras de la economía circular pueden dividirse en cuatro tipos: culturales, de mercado, regulatorias y tecnológicas. Se expone el análisis de cada una de ellas en los siguientes párrafos.

Las barreras culturales, especialmente, las barreras relacionadas con los consumidores y la cultura empresarial, generalmente han sido analizadas y discutidas en la literatura de la economía circular (Vanner *et al.*, 2014; Van Eijk, 2015; Mont *et al.*, 2017; Ranta *et al.*, 2017; Pheifer, 2017), ya que, por ejemplo, Vanner *et al.* (2014: 5) consideraron que «la limitación del nivel de consumo de algunos productos que no dañan el medioambiente por parte de los consumidores, puede ser una explicación aceptable de los límites que tiene la implementación de la economía circular». Por su parte, Ranta *et al.* (2017: 5) argumentaron que «los consumidores comúnmente prefieren nuevos productos que productos reciclables» y, en relación con la cultura empresarial, Pheifer

(2017: 10) señaló que «comúnmente las actividades de la economía circular no están integradas en la estrategia empresarial, misión, visión, metas y principales indicadores del desempeño de las empresas», lo cual indica que las empresas manufactureras no tienen claro el significado del concepto de la economía circular.

Sin embargo, De Jesús y Mendonça (2018) consideraron que las barreras culturales es la categoría de las barreras de la economía circular que menos se ha analizado y discutido en la literatura científica, ya que solamente el 20 % de los estudios publicados se han orientado en el análisis de esta categoría. Además, en la literatura científica también se considera que la falta de interés y de conciencia de los consumidores es considerada como una de las principales barreras culturales ya que, generalmente, los consumidores cambian sus gustos y preferencias demasiado rápido por lo cual las empresas manufactureras, en particular las que integran la industria automotriz, tienen que restringir significativamente el nivel de producción de aquellos productos que tienen una mayor duración de vida útil, ya que comúnmente tienen un precio mayor que aquellos productos convencionales (Kirchherr *et al.*, 2018).

Este tipo de barreras culturales son usualmente consideradas en la literatura científica que analiza el interés de los consumidores por las cuestiones medioambientales y sustentabilidad (Hawkins *et al.*, 2012; Borra *et al.*, 2014; Kumar y Polonsky, 2017), por lo cual, la preocupación que tienen las empresas manufactureras por satisfacer los gustos y preferencias de los consumidores puede ser considerada como un elemento esencial en la transición de la economía circular, ya que la falta de interés y la conciencia de los consumidores son dos elementos difíciles de cambiar (Kirchherr *et al.*, 2018), ya que habitualmente los consumidores compran repetidamente los mismos 150 productos que satisfacen alrededor del 85 % de sus necesidades (Schneider y Hall, 2011), lo cual representa un elemento fundamental que comúnmente consideran las empresas manufactureras al momento de diseñar sus estrategias empresariales.

Asimismo, la carencia de una cultura empresarial que identifique a la organización, generalmente, aparece en la literatura como una de las barreras culturales de mayor importancia, aunque este tipo de afirmaciones no son recientes en la literatura científica, sí que tienen cierto sentido, porque existen investigadores y académicos que consideran que la economía circular no es una estrategia que sea ampliamente conocida en la comunidad empresarial (Kirchherr *et al.*, 2018). Además, se considera en la literatura que la economía circular puede estar restringida solamente para las empresas que son

socialmente responsables o para los departamentos medioambientales de las empresas manufactureras y, normalmente, tiene un menor atractivo para los directivos de las empresas de otros departamentos como, por ejemplo, el de producción y de finanzas que son fundamentales en los procesos de producción (Kirchherr *et al.*, 2018).

La literatura científica comúnmente establece que las distintas barreras del mercado dificultan la transición entre la implementación de la economía circular con precios bajos de las materias primas y materiales; y con los elevados costos que representa la implementación del modelo de negocio de la economía circular (Preston, 2012; Rizos *et al.*, 2015; Shahbazi *et al.*, 2016; Mont *et al.*, 2017; Ranta *et al.*, 2017; Pfeifer, 2017). Por ello, Mont *et al.* (2017) sugirieron que el contar con precios bajos de las materias primas y materiales vírgenes evitaría que los productos desarrollados en las empresas manufactureras con un modelo de economía circular fueran similares a los productos que generan las empresas manufactureras que trabajan con un sistema tradicional de economía lineal.

Por su parte, Preston (2012: 10) consideró que «el reciclaje de los materiales y materias primas generalmente no se realiza en las empresas manufactureras porque no representa un negocio en relación con la producción de materias primas y materiales vírgenes». En este mismo orden de ideas, Ranta *et al.* (2017) llegaron a la conclusión que la implementación de las actividades de la economía circular en las empresas manufactureras tienen costos demasiado elevados, las cuales generalmente requieren de subsidios financieros para asegurar su viabilidad económica. Estos resultados son afines a los obtenidos en el estudio de Rizos *et al.* (2015: 1), quienes encontraron que «el acceso a los recursos adecuados de financiamiento por parte de las empresas es esencial para la adopción e implementación de las actividades de la economía circular». Mientras tanto, De Jesús y Mendonça (2018) concluyeron que las barreras del mercado son generalmente las segundas barreras menos analizadas y discutidas en la literatura científica de la economía circular con un 22 % de los estudios realizados.

Sin embargo, las barreras del mercado son consideradas por la comunidad científica y académica como la segunda categoría más importante de las barreras que frenan o inhiben la adopción de la economía circular en las empresas manufactureras —entre ellas las que pertenecen a la industria automotriz— sobre todo, porque contienen dos de las cinco barreras más apremiantes identi-

ficadas como las que contribuyen con un mayor porcentaje a las barreras de la economía circular: bajos precios de las materias primas y materiales, así como altos costos iniciales de la inversión (Kirchherr *et al.*, 2018). Un ejemplo claro de ello es que generalmente los directivos de las distintas empresas manufactureras consideran que los plásticos generados a base de combustibles fósiles son mucho más económicos que los plásticos biodegradables, aun cuando este tipo de productos generan un menor nivel de contaminación al medioambiente, lo cual prácticamente hace incosteable la producción de ecoproductos generados en las actividades de la economía circular.

En este sentido, la reducción de los precios de las materias primas y materiales utilizados por las empresas manufactureras que han implementado la economía circular, puede ser un argumento fundamental para considerarse como la causa raíz de las barreras del mercado identificadas en la literatura científica (Kirchherr *et al.*, 2018). Por ello, si el precio de las materias primas vírgenes fuera mucho más elevado, las empresas manufactureras que han implementado un modelo de economía circular podrían producir ecoproductos más asequibles que podrían estimular el interés y la conciencia del consumidor, ya que generalmente los consumidores suelen ser mucho más conscientes de los costos al realizar sus compras (Pheifer, 2017), lo cual podría estimular un mayor interés por parte de las empresas manufactureras, sobre todo las que integran la industria automotriz, en la elaboración de productos circulares (ecoproductos) disminuyendo con ello la barrera del mercado y facilitando la implementación de la economía circular.

En la literatura científica de la economía circular se han identificado diversas barreras regulatorias que inhiben o frenan la adopción e implementación de la economía circular en las distintas empresas manufactureras, entre las que se encuentran las que pertenecen a la industria automotriz (Vanner *et al.*, 2014; Rizos *et al.*, 2015; Van Eijk, 2015; Pheifer, 2017; Ranta *et al.*, 2017). Por ello, Preston (2012) consideró que la falta de una regulación inteligente no permite que las empresas manufactureras puedan realizar la transición a una implementación de un modelo de economía circular. Por su parte, Rizos *et al.* (2015) llegaron a la conclusión de que la falta de un marco de políticas de apoyo es una de las causas que frenan la implementación de la economía circular en las empresas manufactureras. Mientras que Pheifer (2017) consideró que una adecuada regulación evitaría que las materias primas y materiales se vendieran en los mercados internacionales. Por lo tanto, las barreras regulatorias

aparecen en la literatura como el segundo grupo de barreras más relevantes y, de acuerdo con De Jesús y Mendonça (2018), este tipo de barreras se mencionan en un 23 % en los estudios publicados sobre este tema.

En este sentido, la comunidad científica y académica considera la necesidad de realizar cambios en las leyes y regulaciones actuales por parte de las autoridades gubernamentales, sobre todo en los países de economía emergente, como es el caso de México, ya que las actuales las leyes y regulaciones son consideradas como obsoletas que no estimulan la implementación del modelo de la economía circular en las empresas manufactureras (Kirchherr *et al.*, 2018). Así, Pheifer (2017) llegó a la conclusión de que es necesario el cambio de las leyes y regulaciones para que las empresas manufactureras —entre las que se encuentran las que integran la industria automotriz— implementen actividades de reciclaje de los residuos sólidos industriales que generan, de tal manera que puedan recuperar materiales y materias primas que puedan ser reintegrados al proceso de producción para la generación de nuevos productos.

Además, también es frecuente encontrar en la literatura científica la existencia de subsidios a las materias primas vírgenes que otorgan las autoridades gubernamentales de diversos países, lo cual dificulta no solamente la difusión e implementación de las actividades de la economía circular en las empresas manufactureras, sino también el reciclaje de los residuos sólidos habitacionales e industriales (Kirchherr *et al.*, 2018). Para evitar esta problemática, las comunidades científica, académica y empresarial consideran no solo un cambio en las regulaciones medioambientales, sino también la estipulación de que la totalidad de los costos deben incorporarse en el precio de los recursos y la energía, lo cual repercutirá en el precio final de los productos (Preston, 2012). Esto favorecería tanto la circulación de los productos como la aceleración de la transición de una economía lineal a un modelo de economía circular.

Adicionalmente, los altos costos iniciales de inversión que representa la implementación de la economía circular en las empresas manufactureras, sobre todo en las que integran la industria automotriz, podrían ser mucho más bajos y asequibles si las autoridades gubernamentales de los tres niveles de gobierno intervienen a través de cambios en las regulaciones medioambientales y el apoyo financiero para las empresas que adopten el modelo de la economía circular (Kirchherr *et al.*, 2018). Así, el apoyo financiero es comúnmente utilizado como un instrumento de política por los gobiernos de los países en distintos sectores e industrias, particularmente en el sector de la agricultura (Hodge

et al., 2015; MEZ, 2016), para promover no solamente el cambio de un modelo tradicional a un modelo de economía circular, sino también para reducir los niveles de la contaminación medioambiental y mejorar el desarrollo sustentable.

Las comunidades científica, académica y empresarial consideran que tener una tecnología moderna es uno de los prerrequisitos fundamentales para la transición del modelo de economía lineal al modelo de economía circular en las empresas manufactureras, entre las que se encuentran las que integran la industria automotriz (Preston, 2012; Vanner *et al.*, 2014; Shahbazi *et al.*, 2016; Pheifer, 2017). Sin embargo, este prerrequisito generalmente no se cumple en la mayoría de las empresas manufactureras, sobre todo en las ubicadas en los países en vías de desarrollo o de economía emergente como es el caso de México, ya que de acuerdo con Preston (2012: 10) «las oportunidades de la economía circular son enormes si se pudieran superar las barreras tecnológicas», mientras que Shahbazi *et al.* (2016: 440) consideraron que «la falta de conocimiento técnico detallado es un elemento sustancial para la implementación del modelo de economía circular en las empresas manufactureras». Por ello, la falta de tecnología apropiada se destaca como la barrera principal que frena la economía circular, ya que el 35 % de los estudios así lo consideran (De Jesús y Mendonça, 2018).

En contraste, las barreras tecnológicas comúnmente no son un impedimento para la adopción de la economía circular en las empresas manufactureras de los países desarrollados, pero la barrera tecnológica para la producción de productos remanufacturados de alta calidad es uno de los principales impedimentos en la mayoría de las empresas manufactureras de todo el mundo, incluidas entre ellas las que pertenecen a la industria automotriz (Kirchherr *et al.*, 2018). Por lo tanto, Shahbazi *et al.* (2016) y Pheifer (2017) llegaron a la conclusión de que el diseño de los productos remanufacturados es uno de los principales impedimentos de la transición del modelo tradicional de la economía lineal al modelo de la economía circular, ya que la falta de diseño de productos circulares es considerada en la literatura científica de la economía circular como una de las principales barreras tecnológicas que frenan o inhiben en un elevado porcentaje la adopción e implementación del modelos de la economía circular en las empresas manufactureras.

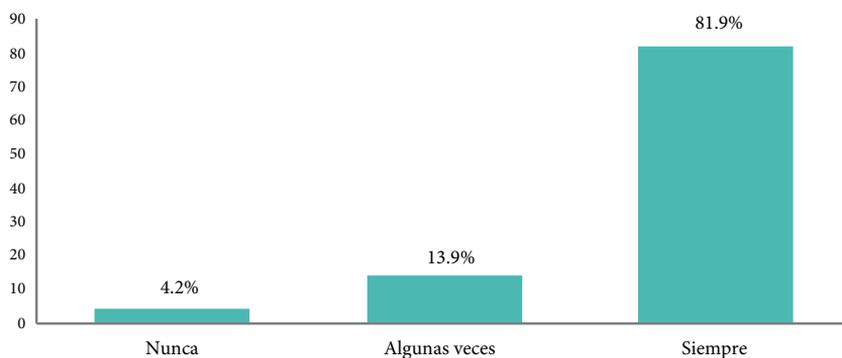
Asimismo, las diferencias existentes en la relevancia de las barreras tecnológicas encontradas en la actual literatura científica permiten establecer que este tema está en franco desarrollo en su análisis y discusión —y es considera-

do como inconcluso—, por lo cual hace falta un mayor trabajo de investigación para aportar evidencia empírica robusta (Kirchherr *et al.*, 2018). Sin embargo, los resultados obtenidos en los estudios publicados en la literatura son alentadores para establecer la transición de una economía lineal a una economía circular, en las empresas manufactureras de todos los países y todos los sectores e industrias, ya que si las barreras tecnológicas dominan en una determinada industria o sector de la actividad económica de un país en particular, entonces las autoridades gubernamentales de los tres niveles de gobierno deberán diseñar una serie de políticas encaminadas al reemplazamiento de la tecnología existente.

Sin embargo, el desarrollo de la tecnología en la mayoría de los países del mundo es muy bajo (Grubler *et al.*, 2016; Bento y Wilson, 2016). En este sentido, Agrawal y Bayus (2002) consideraron que a los treinta productos más innovadores en el mercado de Estados Unidos les llevó alrededor de treinta años en promedio para pasar de la etapa de innovación a la de comercialización. Por lo tanto, mientras que la cultura organizacional esté profundamente arraigada entre el sector empresarial (Hays, 1994; Barth *et al.*, 2007), y el cambio cultural de los consumidores no sea tan lento, es posible establecer que el cambio cultural de los consumidores puede superar los tiempos de comercialización de las innovaciones de los productos, para lo cual se requiere que las empresas manufactureras —sobre todo las que integran la industria automotriz— cuenten con la tecnología apropiada para el desarrollo de dichas innovaciones.

Además, la comunidad científica y académica reconoce la dificultad de medición de las barreras de la economía circular, ya que la mayoría de los estudios publicados en la literatura científica se han orientado en su análisis y discusión, no en su medición. Sin embargo, una revisión exhaustiva de la literatura científica de la economía circular en las revistas especializadas permitió encontrar un estudio reciente realizado por Ormazabal *et al.* (2018), quienes diseñaron una escala de medición de las principales barreras de la economía circular en las empresas manufactureras, la cual fue medida a través de una escala de las nueve barreras más mencionadas en la literatura. Por lo tanto, para efectos de este libro se realizó una adaptación de esta escala para la medición de las barreras de la economía circular y se presenta en los siguientes gráficos.

Gráfico 45. Falta de apoyo financiero.



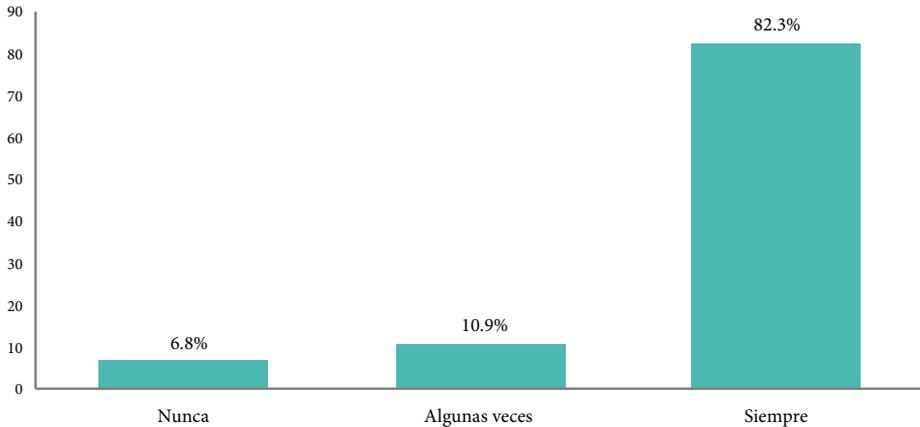
Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 45 muestra que el 81.9 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre ha considerado a la falta de apoyo financiero como una barrera que frena la implementación de la economía circular. Mientras que el 13.9 % de ellas algunas veces ha considerado la falta de apoyo como una barrera y el 4.2 % nunca ha considerado la falta de apoyo financiero como una barrera que les impida implementar la economía circular. Por ello, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, un poco más de 8 de cada 10 empresas manufactureras *sí* consideran que la falta de apoyo financiero es una barrera que frena la implementación de la economía circular, pero el dato interesante es que solamente sean 2 de cada 10 empresas las que no consideran que la falta de apoyo financiero sea una barrera, lo cual hace suponer que son las empresas armadoras de vehículos.

El gráfico 46 indica que el 82.3 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre ha considerado la inadecuada gestión de los sistemas de información como una barrera que frena la implementación de la economía circular. Mientras que el 10.9 % de ellas algunas veces lo ha considerado y el 6.8 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz nunca ha considerado a la inadecuada gestión de la información como una barrera que les impida la implementación de la economía circular. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, un poco más de 8 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre han considerado la inadecuada gestión de los sistemas de in-

formación como una barrera que les impide la implementación de la economía circular, pero otra vez el dato que más resalta es que sea alrededor de 1 de cada 10 empresas la única que nunca ha considerado a esta actividad como una barrera que les impida la adopción de las actividades de la economía circular.

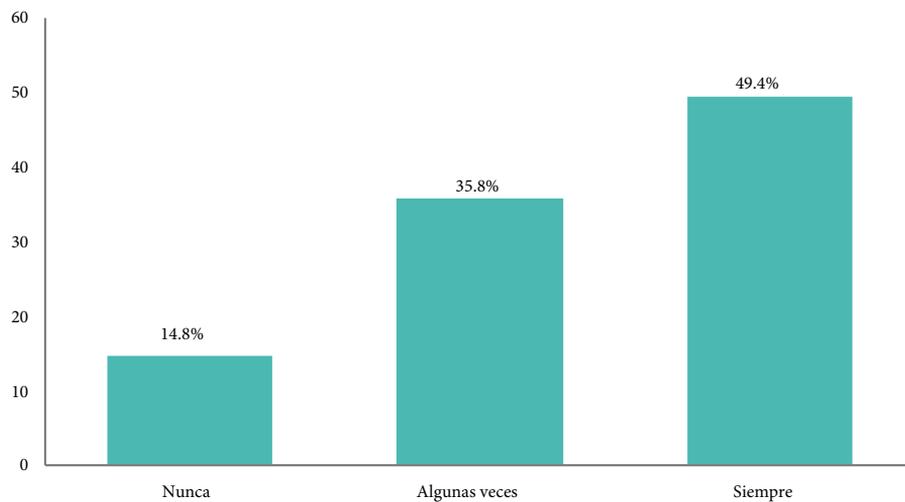
Gráfico 46. Inadecuada gestión de los sistemas de información.



Fuente: Elaboración propia.

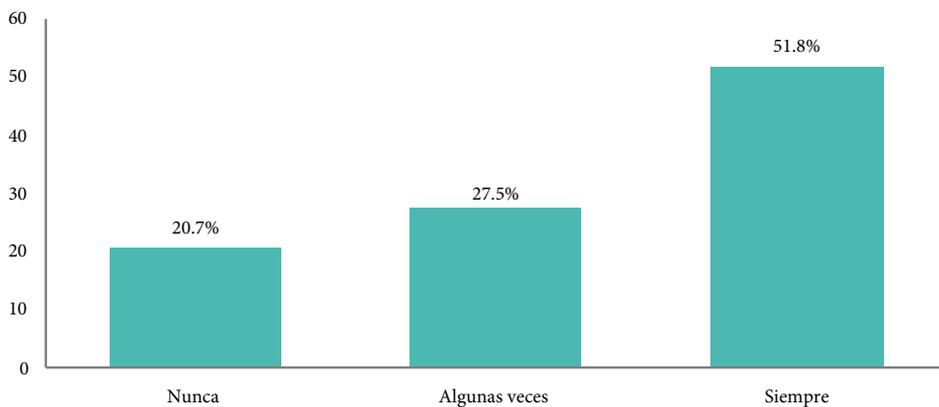
El gráfico 47 establece que el 49.4 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre ha considerado a la falta de tecnología de producción como una barrera que les impide la implementación de las actividades de la economía circular. Mientras que el 35.8 % de ellas algunas veces lo ha considerado y el 14.8 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz nunca ha considerado a la falta de tecnología de la producción como una barrera que les impida adoptar las actividades de la economía circular. Por ello, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre han considerado a la falta de tecnología de producción como una barrera que les impide la implementación de las actividades de la economía circular, pero el dato que nuevamente más llama la atención es que ahora sean alrededor de 2 de cada 10 empresas manufactureras las que nunca han considerado a esta falta de tecnología como una barrera.

Gráfico 47. Falta de tecnología de producción.



Fuente: Elaboración propia.

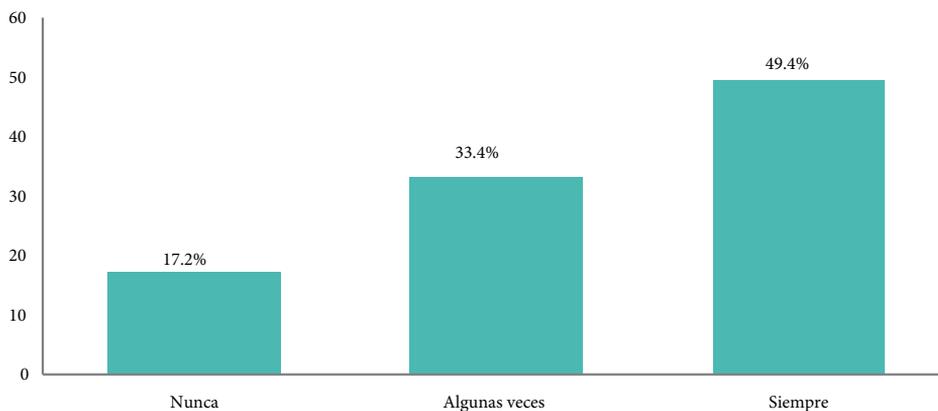
Gráfico 48. Falta de recursos técnicos.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 48 enseña que el 51.8% de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre ha considerado a la falta de recursos técnicos como una barrera que les impide la adopción de la economía circular. Mientras que el 27.5% de ellas algunas veces lo ha considerado y el 20.7% de las empresas manufactureras de la industria automotriz nunca ha considerado a la falta de recursos técnicos como una barrera que les impida adoptar la economía circular. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, que un poco más de 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre han considerado a la falta de recursos técnicos como una barrera que les impide la implementación de la economía circular, pero el dato más notable es que un poco más de 2 de cada 10 empresas nunca han considerado a la falta de recursos técnicos como una barrera.

Gráfico 49. Falta de recursos financieros para sus proyectos de inversión.

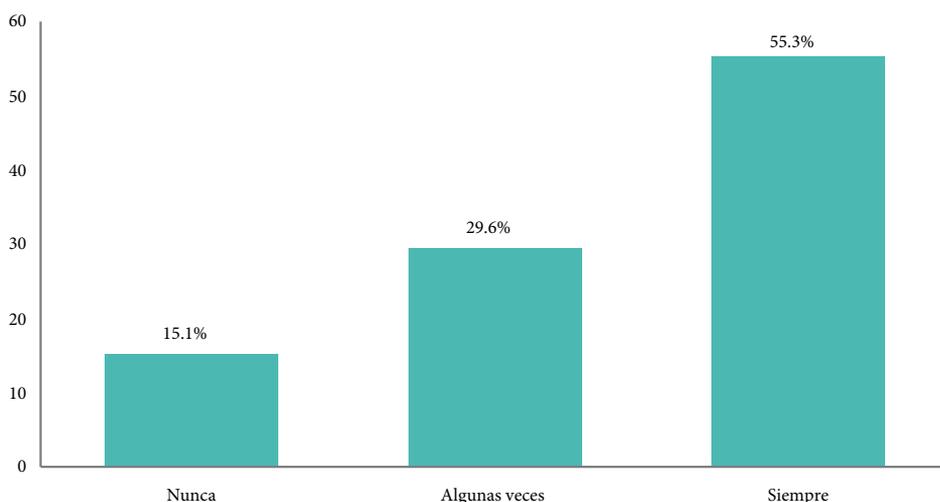


Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 49 revela que el 49.4% de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, considera a la falta de recursos financieros para sus proyectos de inversión como una barrera que siempre impide la implementación de las actividades de la economía circular. Mientras que el 33.4% de ellas algunas veces lo ha considerado y el 17.2% de las empresas manufactureras de la industria automotriz no ha considerado a la falta de recursos financieros para sus proyectos de inversión como una barrera que les impida la adopción de

la economía circular. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, alrededor de 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre han considerado a la falta de recursos financieros para sus proyectos de inversión como una barrera que les impide la adopción de la economía circular, pero otra vez el dato que sobresale es que sean alrededor de 2 de cada 10 empresas manufactureras las que nunca lo han considerado como una barrera para adoptar las actividades de la economía circular.

Gráfico 50. Falta de interés de sus clientes en cuestiones medioambientales.

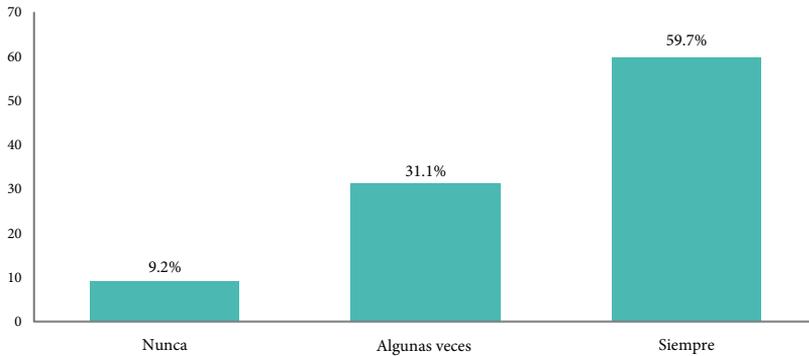


Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 50 prueba que el 55.3% de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre considera a la falta de interés de sus clientes en cuestiones medioambientales como una barrera que les impide la implementación de las actividades de la economía circular. Mientras que el 29.6% de ellas algunas veces lo ha considerado y el 15.1% de las empresas manufactureras de la industria automotriz no ha considerado a la falta de interés de sus clientes en cuestiones medioambientales como una barrera que les impida implementar las actividades de la economía circular. Por lo tanto, es posi-

ble inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, alrededor de 6 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre han considerado a la falta de interés de sus clientes en cuestiones medioambientales como una barrera que les impide la implementación de las actividades de la economía circular, pero el dato que más destaca es que sean alrededor de 2 de cada 10 empresas las que nunca lo han considerado como una barrera.

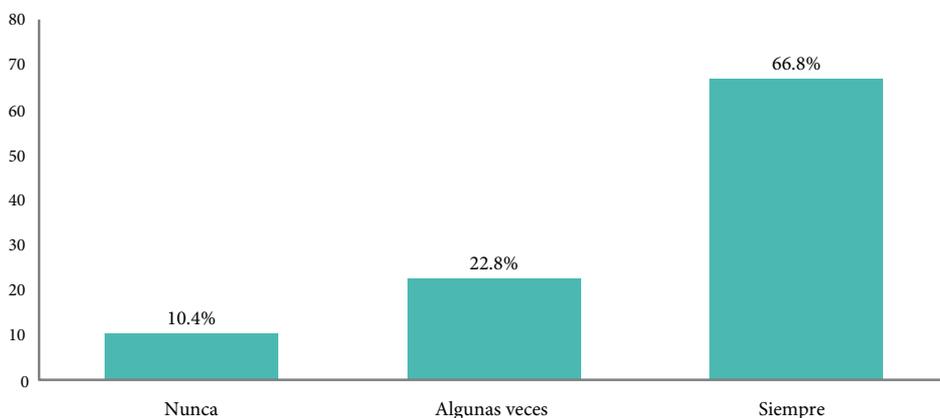
Gráfico 51. Falta de apoyo por parte de instituciones gubernamentales.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 51 muestra que el 59.7% de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre considera a la falta de apoyo por parte de las instituciones gubernamentales como una barrera que les impide la adopción de la economía circular. Mientras que el 31.3% de ellas algunas veces lo ha considerado y el 9.2%, de las empresas manufactureras de la industria automotriz, no ha considerado a la falta de apoyo por parte de las instituciones gubernamentales como una barrera que les impida la adopción de la economía circular. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, 6 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre han considerado a la falta de apoyo por parte de las instituciones gubernamentales como una barrera que les impide la adopción de la economía circular, pero el dato más llamativo es que 1 de cada 10 empresas no considere esto como barrera.

Gráfico 52. Falta de personal calificado en la gestión del medioambiente.



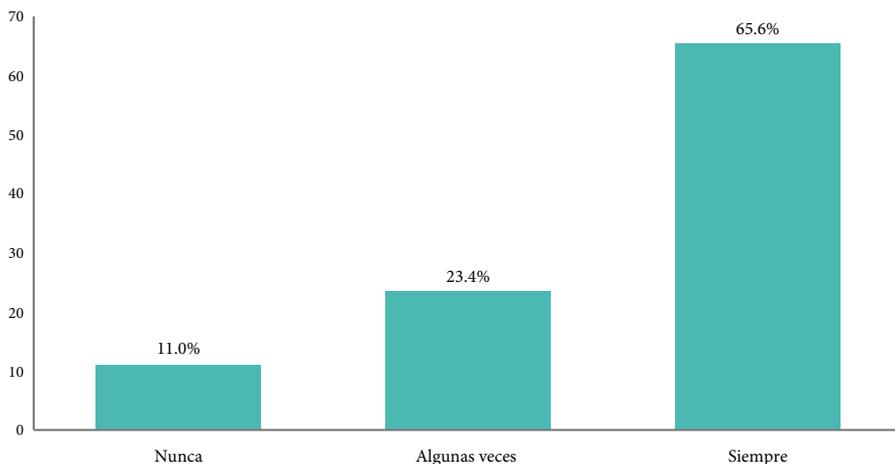
Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 52 testifica que el 66.8% de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre ha considerado a la falta de personal calificado en la gestión del medioambiente como una barrera que les impide la implementación de las actividades de la economía circular. Mientras que el 22.8% de ellas algunas veces lo ha considerado y el 10.4% de las empresas manufactureras de la industria automotriz nunca ha considerado a la falta de personal calificado en la gestión medioambiental como una barrera que les impida la implementación de las actividades de la economía circular. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, alrededor de 7 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre han considerado a la falta de personal calificado en la gestión medioambiental como una barrera que les impide la implementación de las actividades de la economía circular, pero nuevamente el dato más peculiar es que 1 de cada 10 empresas manufactureras no lo considera como una barrera.

El gráfico 53 establece que el 65.6% de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre ha considerado a la falta de compromiso por parte de la alta gerencia de la organización como una barrera que les impide la implementación de las actividades de la economía circular. Mientras que el 23.4% de ellas algunas veces lo ha considerado y el 11% de las empresas manufactureras de la industria automotriz nunca ha considerado a la

falta de compromiso por parte de la alta gerencia de la organización como una barrera que les impida la implementación de las actividades de la economía circular. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados encontrados, alrededor de 7 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre han considerado a la falta de compromiso por parte de la alta gerencia como una barrera que les impide la implementación de las actividades de la economía circular, pero otra vez el dato más interesante es que sea 1 de cada 10 empresas manufactureras la que no lo considera como una barrera.

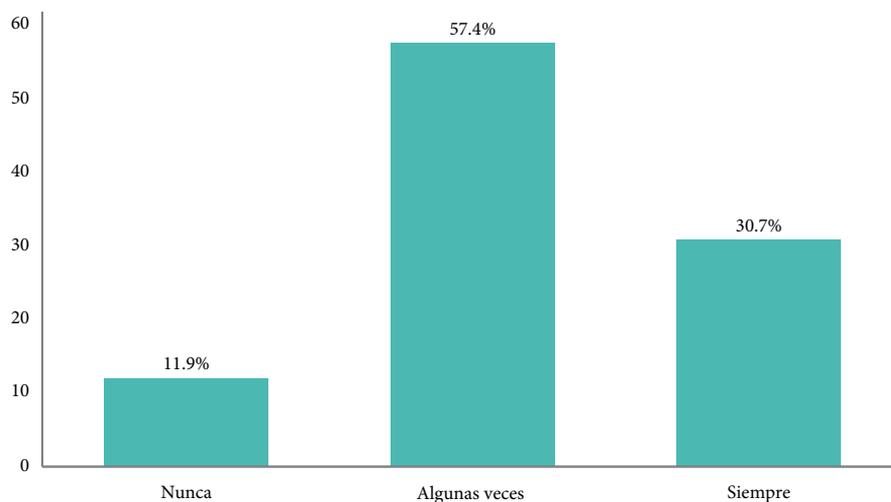
Gráfico 53. Falta de compromiso por parte de la alta gerencia de la organización.



Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, sería muy importante conocer el nivel general de las barreras que impiden la adopción de las actividades de economía circular en las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, para lo cual se procedió a generar una nueva variable a la que se le llamó *barreras de la economía circular*, la cual se generó a partir de la media de las nueve barreras más relevantes de la escala de medición utilizada para medir las barreras que frenan o inhiben la implementación de las actividades de economía circular. El gráfico que se presenta a continuación resume la información de los nueve ítems utilizados en la escala de medición de las barreras de la economía circular.

Gráfico 54. Barreras de la economía circular.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 54 indica que el 30.7% de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre ha considerado la existencia de barreras que frenan o impiden la adopción e implementación de las actividades de la economía circular. Mientras que el 57.4% de ellas algunas veces ha considerado la existencia de barreras y el 11.9% de las empresas manufactureras de la industria automotriz nunca ha considerado la existencia de barreras que frenen o impidan la implementación de las actividades de la economía circular. Así, es posible inferir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, 3 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre han considerado la existencia de barreras que frenan o inhiben las implementaciones de las actividades de la economía circular, pero el dato relevante es que alrededor de 6 de cada 10 empresas manufactureras algunas veces han considerado la existencia de barreras, y solo 1 de cada 10 nunca ha considerado la existencia de barreras, lo cual podría indicar que son las empresas armadoras de automóviles.

Además, sería importante preguntarnos *¿qué están haciendo las empresas manufactureras de la industria automotriz de México para la eliminación de las barreras que impiden o frenan la implementación de las prácticas de la*

economía circular? Con la finalidad de que el lector de este libro tenga un panorama general de las barreras de la economía circular que actualmente consideran las empresas manufactureras de la industria automotriz, se expondrá en este apartado solamente una breve información de las diversas actividades realizadas. En el último apartado de esta obra se analizarán detalladamente las barreras de la economía circular que actualmente consideran que frenan o inhiben su implementando en las empresas armadoras de vehículos más importantes de la industria automotriz.

Tabla 5. Compromisos para la fabricación y venta de vehículos eléctricos.

<i>Empresa</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Año</i>
General Motors	Dejar de fabricar vehículos a gas, gasolina y diésel	2023
BAIC	Dejar de fabricar vehículos a gas, gasolina y diésel	2025
Volvo	Dejar de fabricar vehículos a gas, gasolina y diésel	2019
BMW	Contar con trece modelos eléctricos	2020
VW	Dejar de diseñar motores de combustión interna	2023
Daimler	Dejar de diseñar motores de combustión interna	2023

Fuente: CFE, Promoción de la Electromovilidad Sustentable, (2018).

La tabla 5 muestra el compromiso primordial para la fabricación y venta de vehículos eléctricos que establecieron las principales empresas armadoras establecidas en México. Se puede observar en ella que casi la totalidad de las empresas tienen dentro de sus metas y objetivos, en la actualidad o para los próximos cinco años, dejar de producir vehículos que utilizan combustibles fósiles y centrarse en la producción de vehículos eléctricos e híbridos. Estos compromisos son fundamentales para mejorar significativamente el medioambiente y el nivel del desarrollo sustentable, no solamente de las empresas manufactureras de la industria automotriz sino también de las localidades donde se ubican las empresas. Pero, también estos compromisos pueden generar una serie de barreras para las pequeñas y medianas empresas que participan en la cadena de proveeduría de las empresas armadoras de vehículos, porque podrían requerir de diversos apoyos para la adquisición de nueva tecnología.

Tabla 6. Venta de vehículos eléctricos en México 2019. Nota: Lista de precios actualizada para junio 2019. En esta lista se excluyeron los modelos Tesla, Roadster y Model Y, ya que estarán disponibles en México hasta al año 2020.

Marca	Modelo	Autonomía	Precio	Potencia del motor eléctrico	Capacidad de la batería	Distribución en Aguascalientes
Tesla	Model 3	499 km	788 300	258 HP	70 kW	Compra en línea
	Model X 100D	525 km	2 037 000	416 HP	100 kW	Compra en línea
	Model X P100D	525 km	2 942 300	762 HP	100 kW	Compra en línea
	Model S 100D	600 km	1 925 600	524 HP	75 kW	Compra en línea
	Model S P100D	600 km	2 768 600	760 HP	75 kW	Compra en línea
Jaguar	Jaguar I-Pace	Entre 417 y 470 km	2 060 400	400 HP	90 kW	No
	Jaguar I-Pace First Edition	Entre 417 y 470 km	2 576 000	400 HP	90 kW	Compra en línea
BMW	BMW i3 Sport	Entre 270-285 km	879 900	184 HP	33 kWh	No
	BMW i3 Mobility	Entre 285-310 km	889 900	184 HP	33 kWh	No
Renault	Twizy Techno	100 km	319 300	20 HP	6.1 kW	Sí
Nissan	Leaf S	270 km uso combinado hasta 389 km en ciudad	695 500	147 HP	40 kW	No
	Leaf SL	271 km uso combinado hasta 389 km en ciudad	769 700	147 HP	40 kW	Sí
	Leaf SL Bitono	272 km uso combinado hasta 389 km en ciudad	774 300	147 HP	40 kW	No
Chevrolet	Bolt EV	383 km	806 300	200 HP	60 kW	Sí
Zacua	Zacua Mx2	160 km	569 000	45 HP	34 kW	Compra en línea
	Zacua Mx3	160 km	569 000	45 HP	34 kW	Compra en línea

Fuente: Elaboración propia con datos de los fabricantes de vehículos eléctricos y de la plataforma digital Nexu.

La tabla 6 demuestra las ventas de vehículos eléctricos en México en el año 2019 por diversas empresas productoras de vehículos. Se puede observar que los precios a los cuales se venden este tipo de vehículos a los consumidores finales son demasiado elevados, en comparación con los precios que tienen los vehículos que utilizan combustibles fósiles. Además, varias marcas de vehículos eléctricos no se fabrican en México, sino que se ofrecen al mercado consumidor a través de la venta en línea. Aunque, el precio de venta al consumidor final es una de las principales barreras que frenan o inhiben la compra de este tipo de vehículos en el mercado mexicano y, por ende, la producción masiva de vehículos eléctricos a nivel mundial por parte de las empresas armadoras de vehículos.

La tabla 7 muestra los incentivos estatales en el pago de tenencia vehicular de los automóviles eléctricos. Se puede observar que en la mayoría de los estados de la República mexicana se tiene un incentivo del 0 % para el pago de la tenencia vehicular. Sin embargo, es importante establecer que no se tiene ningún incentivo fiscal por parte de las autoridades hacendarias de México para la compra de vehículos eléctricos, tanto para las personas físicas como morales. Por lo cual, tanto las empresas como la sociedad tienden a la compra de vehículos nuevos que utilizan combustibles fósiles, lo cual ha generado un incremento significativo del parque vehicular que utiliza este tipo de combustibles y se ha reducido exponencialmente las ventas de vehículos eléctricos en el mercado mexicano, generando con ello mayores niveles de contaminación del medioambiente a través de CO₂.

Tabla 7. Incentivos estatales en el pago de la tenencia vehicular.

<i>Estado</i>	<i>Incentivo</i>
Aguascalientes	0 %
Baja California	0 %
Baja California Sur	0 %
Campeche	No Aplica
Chiapas	Información no disponible
Chihuahua	Impuesto derogado
Coahuila	0 %
Colima	0 %
Ciudad de México	0 %
Durango	0 %
Guanajuato	Impuesto derogado
Guerrero	Información no disponible
Hidalgo	0 %
Jalisco	Impuesto derogado
Estado de México	0 % por los primeros cinco años, los siguientes cinco años con una reducción del 50 %
Michoacán	0.16 %, más de diez años modelos anteriores pagarán 0 %
Morelos	Impuesto derogado
Nayarit	0 %
Nuevo León	0 %
Oaxaca	0 %
Puebla	0 %
Querétaro	Información no disponible
Quintana Roo	0 %
San Luis Potosí	0 %
Sinaloa	0 %
Sonora	0 %
Tabasco	No aplica
Tamaulipas	0 %
Tlaxcala	0 %
Veracruz	0 %
Yucatán	0 %
Zacatecas	Información no disponible

Fuente: <ChargeNow.mx>.



La economía circular en las principales empresas de la industria automotriz

Las comunidades científica, académica, empresarial y gubernamental generalmente consideran a la economía circular como un concepto sustancial, que por naturaleza es restauradora y regenerativa y tiene como objetivo esencial mantener los productos, componentes y materiales en su mayor nivel de utilidad y con el máximo valor posible en todo momento; de tal manera que permita separar el crecimiento económico del consumo de los recursos naturales vírgenes (EMF, 2015). Además, la economía circular también es considerada como un elemento sustancial que permite la reducción y extracción de materiales y materias primas vírgenes, a través del reciclaje y reúso de los materiales de los residuos sólidos que generan las empresas manufactureras —entre ellas las que integran la industria automotriz— lo cual es una condición ineludible para continuar con la vida actual de alto nivel de consumo (Hart *et al.*, 2019).

Asimismo, después de dos décadas de investigación y discusión sobre la conceptualización y la implementación de la economía circular en las empresas manufactureras, así como su relación estrecha con otros constructos (ecología industrial, simbiosis industrial, creación de empresas), ha permitido que el modelo de disposición y uso de los recursos naturales disponibles esté cada vez más arraigado entre las empresas manufactureras de todos los sectores e industrias del mundo, entre ellas la industria automotriz, y en concordancia con un modelo particular de administración de los recursos que implementa cada empresa manufacturera (Hart *et al.*, 2019). Además, es evidente que mientras más se adopten e implementan las actividades de la economía circular en las empresas manufactureras, más barreras se presentarán que tratarán de impedir o inhibir su aplicación, por lo cual se tienen que diseñar e implementar programas y políticas que favorezcan y promuevan su implementación.

En este sentido, comúnmente en la literatura diversos investigadores, académicos y profesionales de la industria asumen que cuantas más barreras puedan ser eliminadas, mejor será el tránsito de un modelo tradicional de economía lineal a un nuevo modelo de economía circular en las empresas manufactureras de la industria automotriz (Hart *et al.*, 2019). Asimismo, son cada vez más los estudios publicados en la literatura científica que tratan de identificar y analizar las barreras que impiden que las empresas manufactureras puedan implementar las actividades de la economía circular, ya sea mediante la consulta a los empresarios o ejecutivos de las empresas (Adams *et al.*, 2017; Kirchherr *et al.*, 2018), o bien, a través de la revisión sistemática y detallada de la publicación de casos de estudio de la economía circular (Rizos *et al.*, 2016), de tal manera que permita identificar las principales barreras para proponer alternativas de solución y se genere un mejor sinergia entre las empresas para la adopción de la economía circular.

Además, los estudios que se han orientado en la aplicación de la economía circular en la industria tienden, generalmente, a enfocarse en su aplicación práctica en una determinada empresa en particular (Cross, 2017; Charlson y Dunwoody, 2018), o a lecturas de la conceptualización de la economía circular que comúnmente tienen escasas barreras identificadas que puedan impedir o inhibir la implementación de la economía circular en las empresas manufactureras (Zimmann *et al.*, 2016). Sin embargo, por más sistemático y objetivo que sea el enfoque de la aplicación de la economía circular en las empresas manufactureras de la industria automotriz, siguen siendo unos estudios de subjeti-

vidad, pero en la frecuencia en que estos estudios identifiquen las principales barreras que frenan o inhiben la aplicación práctica de las actividades de la economía circular, tendrán un mayor nivel de importancia.

Adicionalmente, las comunidades científica, académica, gubernamental y empresarial reconocen que la identificación de las barreras que frenan la implementación de las actividades de la economía circular en las empresas manufactureras de la industria automotriz, depende en un elevado porcentaje de a quién se le pregunte en la organización, ya que las barreras identificadas por las autoridades gubernamentales posiblemente no sean reconocidas como muy importantes por los empresarios de esta industria (Kirchherr *et al.*, 2018). De igual manera, las barreras identificadas como muy importantes por los directivos de las empresas de la industria automotriz pueden ser diferentes a las consideradas por los distintos funcionarios de las mismas empresas, por los socios comerciales o bien por los directivos de empresas de otros sectores de la actividad económica. Por ello, se requiere de un consenso entre todos los actores involucrados para proponer alternativas de solución que sean viables.

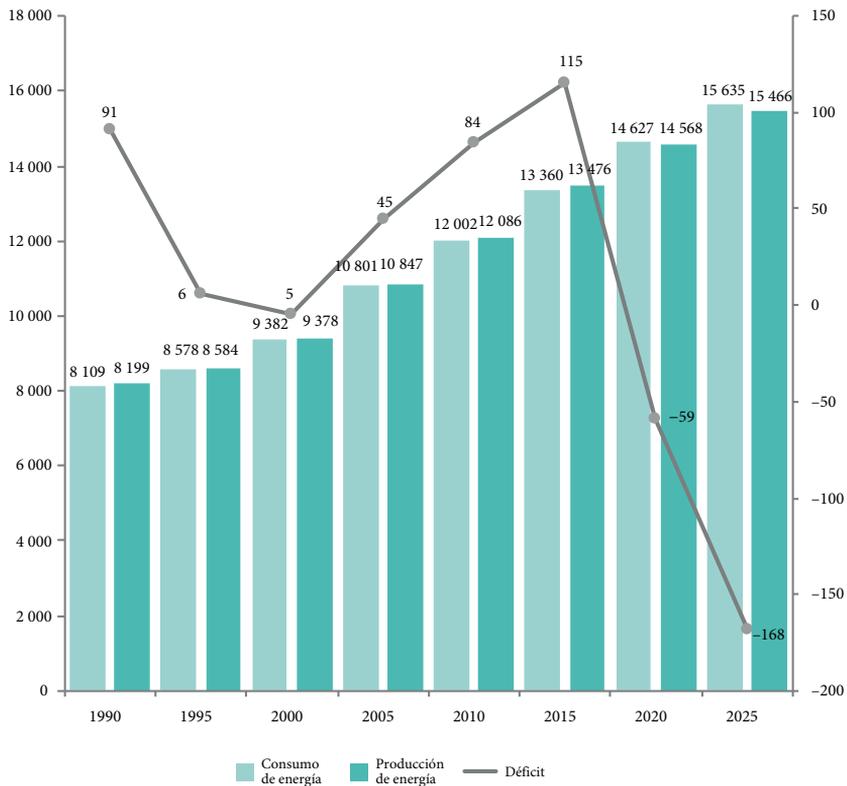
Figura 28. Plantas de ensamble de vehículos ligeros establecidas en México.



Fuente: Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA).

Asimismo, antes de iniciar con el análisis de la información obtenida de la implementación de las actividades de la economía circular en las principales empresas manufactureras armadoras de vehículos que se encuentran establecidas en México (tal como se muestra en la figura 28), en los siguientes gráficos se presentan algunos de los principales indicadores que nos permitan establecer el nivel de implementación de las actividades de la economía circular en las empresas manufactureras de la industria automotriz de México.

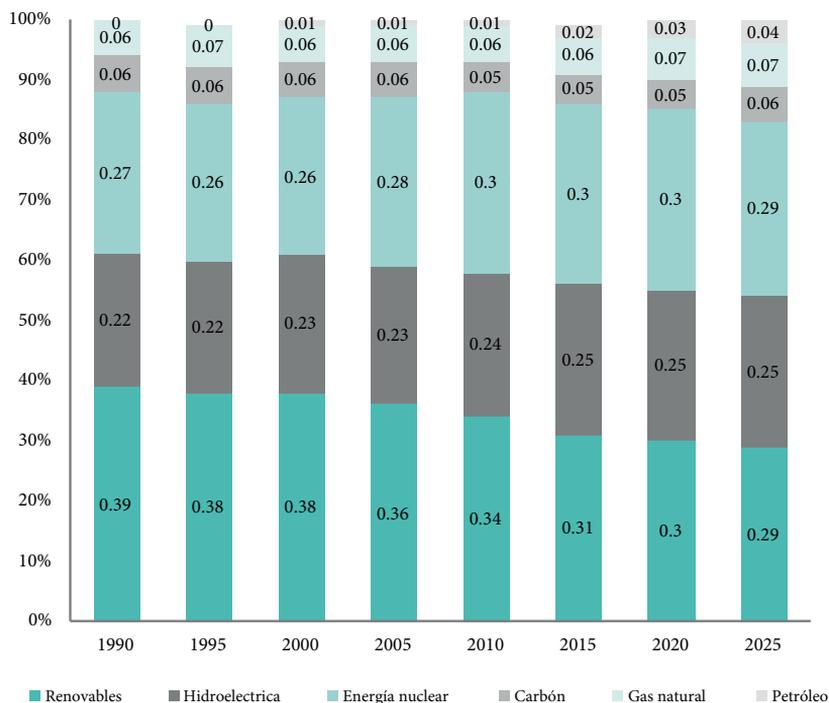
Gráfica 55. Producción y consumo de energía mundial 1990-2025 (millones de barriles de petróleo).



Fuente: Elaboración propia con base en datos de BP Energy Outlook 2030.

El gráfico 55 muestra la producción y consumo de energía a nivel mundial durante el período de 1990-2025. Se puede observar cómo, prácticamente a partir del nuevo milenio, el consumo de energía es mayor que la producción de esta, pero se espera que para finales del año 2020 el consumo sea mucho mayor que la producción de ella, y para el año 2025 el consumo de energía será, por mucho, mayor a su nivel de producción. Por lo tanto, el déficit que se está generando a partir del año 2015 y tiende a agravarse durante el presente año 2020, pondrá a prueba a las autoridades gubernamentales a nivel mundial para la realización de cambios profundos en las leyes y políticas con la finalidad de promover y fortalecer la producción de energías renovables, no solamente para que sea utilizada en la producción industrial sino también para uso residencial porque no se tendrá la energía suficiente que demanda la sociedad en general.

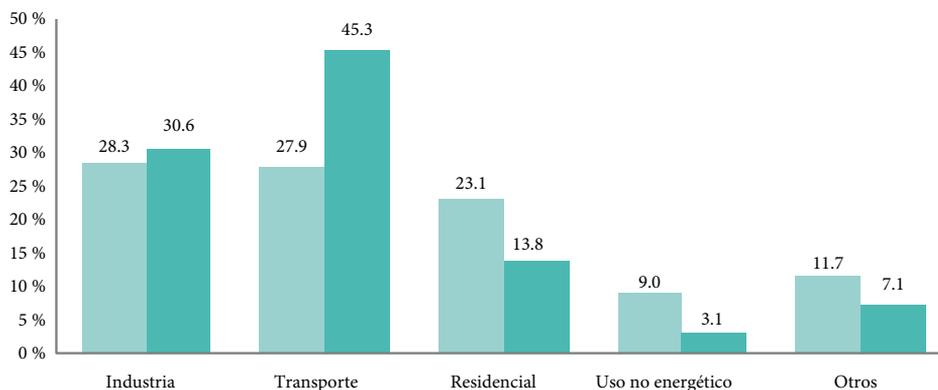
Gráfica 56. Consumo de energía a nivel mundial según tipo de fuente de generación 1990-2025.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de BP Energy Outlook 2030.

El gráfico 56 muestra el consumo de energía a nivel mundial según el tipo de la fuente de su generación durante el período de 1990-2025. En él, es posible observar que el consumo de la energía que utiliza el petróleo se ha reducido significativamente durante las dos últimas décadas. De tal manera, se espera que para el año 2025 el consumo de energía producida por el petróleo se reduzca alrededor del 10 %. Sin embargo, en el mismo gráfico también se puede observar que el consumo de energías no renovables ha crecido significativamente a nivel mundial al incrementarse de un 1 % en el año 2000, al 3 % en el actual año 2020 y (se prevé) en 4 % para el año 2025. Esto indica que varias autoridades gubernamentales de distintos países alrededor del mundo ya están actuando y definiendo metas para la producción de energías renovables y la disminución de las energías no renovables, pero también es importante recalcar que este cambio puede significar una barrera en el corto plazo para varios países que aún no están generando la energía renovable que requería su sociedad.

Gráfico 57. Consumo total de energía por sector en México 2012-2016.

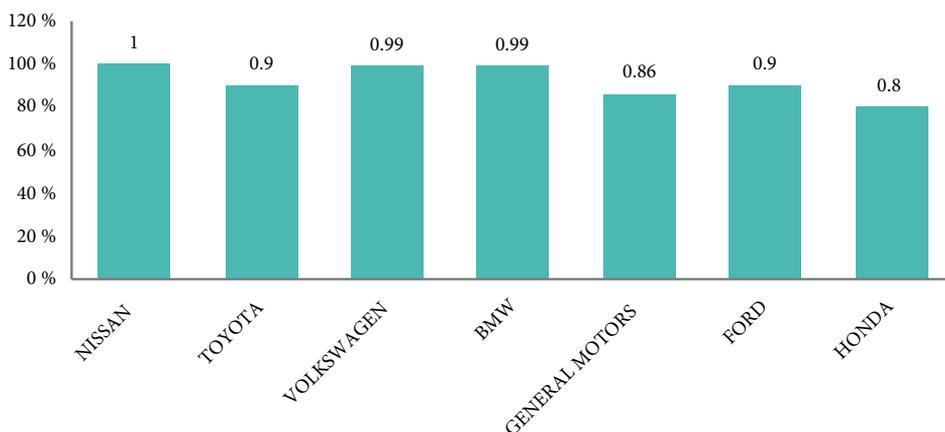


Fuente: CFE, Promoción de la Electromovilidad Sustentable, (2018).

El gráfico 57 muestra el consumo total de energía por sector en México durante el período 2012-2016, que es la información más actual a la que se tuvo acceso. Se puede observar que el sector del transporte, que tiene el mayor nivel del consumo de energía en México, pasa de un 27.9 % en el año 2012 a un 45.3 % en el año 2016, y el sector industrial ocupa el segundo lugar de mayor nivel de

consumo, al pasar de un 28.3 % en el año 2012 a un 30.6 % en el año 2016. Sin embargo, es importante establecer que cerca de la totalidad de la energía utilizada en los distintos sectores en México durante el período analizado fue energía no renovable, para cuya generación se utilizó el petróleo, y solamente un porcentaje muy reducido lo aportaron las empresas que generan energía renovable.

Gráfico 58. Volumen total de residuos industriales reutilizados.

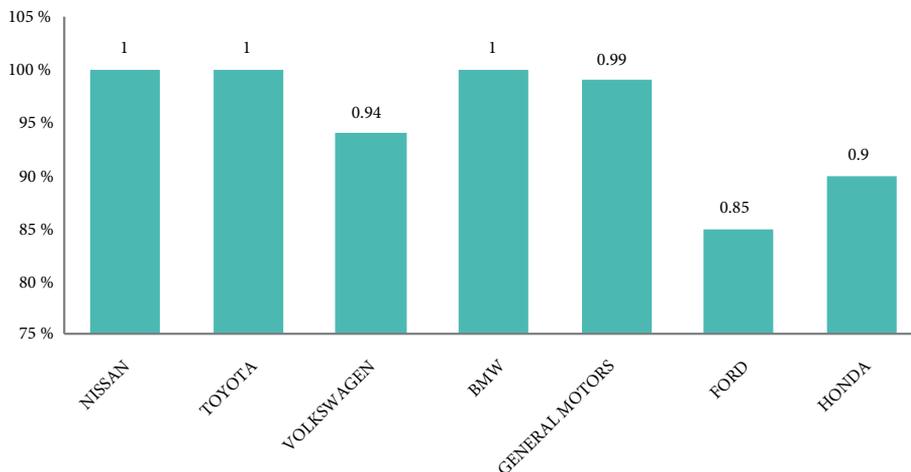


Fuente: Elaboración propia con datos de las empresas armadoras de automóviles.

El gráfico 58 muestra el volumen total de residuos industriales que son reutilizados por las principales empresas armadoras de vehículos ubicadas en México. Se puede observar cómo solamente Nissan es la única empresa que reutiliza el 100 % de los residuos que genera, seguida de Volkswagen y BMW que reutilizan el 99 % de sus residuos industriales; y estas por Toyota y Ford con un 90 % de reutilización de sus residuos. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los datos obtenidos en las páginas web de las empresas, en promedio las empresas armadoras de automóviles en México reutilizan el 92 % de los residuos que generan, lo cual permite establecer que alrededor del 10 % del volumen total de residuos industriales generados por las empresas automotrices son enviados a los vertederos municipales, los cuales pueden representar cientos o quizá miles de toneladas anuales de desechos, pero lo importante es que el 92 % de todos esos residuos se están reutilizando en los procesos de producción y están evitando un mayor nivel de contaminación medioambiental.

El gráfico 59 muestra el porcentaje de reciclaje de materiales y materias primas que realizan las principales empresas armadoras de automóviles ubicadas en México. Se observa que tanto Nissan, Toyota y BMW son las únicas empresas que reciclan el 100 % de los residuos sólidos industriales que generan y extraen de los materiales y materias primas que son reutilizables en los procesos de producción. Seguidas por General Motors con un 99 % del reciclaje de materiales y materias primas de sus residuos sólidos y por Volkswagen con un 94 % del reciclaje. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los datos obtenidos en las páginas web de las empresas, en promedio las empresas armadoras de vehículos en México reciclan el 94 % de los materiales y materias primas de sus residuos sólidos industriales, lo cual permite establecer que alrededor del 6 % de los residuos sólidos que se utilizan son enviados a los vertederos municipales y/o, se venden como materiales a otras empresas recicladoras, evitando con ello un mayor daño al medioambiente y mejorando el nivel de desarrollo sustentable de las empresas.

Gráfico 59. Reciclaje de materiales y materias primas.

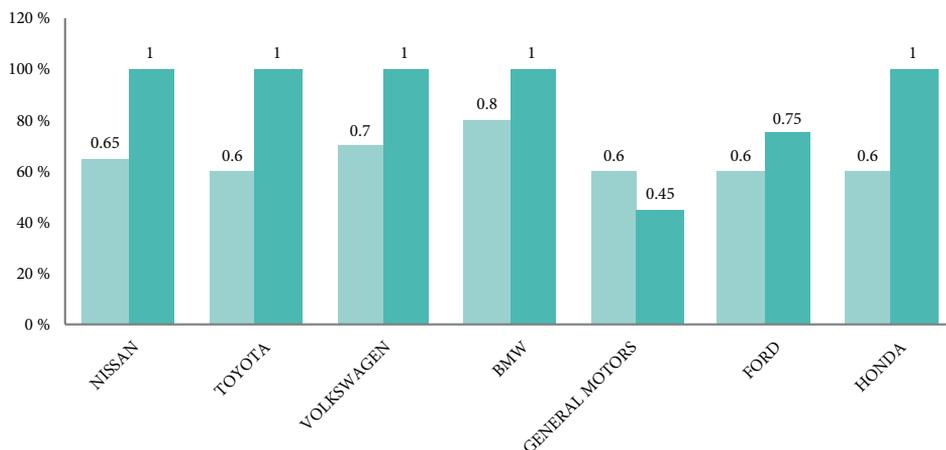


Fuente: Elaboración propia con datos de las empresas armadoras de automóviles.

El gráfico 60 muestra las energías renovables utilizadas por las principales empresas armadoras de vehículos establecidas en México. Se puede observar que la mayoría de las empresas (Nissan, Toyota, Volkswagen, BMW y

Honda) reciclan el 100 % del agua utilizada en el proceso de producción, seguidas de Ford que recicla el 75 % del agua y General Motors que solo recicla el 45 % del agua utilizada en sus procesos de producción. Además, también se observa en el mismo gráfico que el 80 % de la energía utilizada por BMW y el 70 % de Volkswagen proviene de fuentes de energías renovables, seguidas de Nissan que utiliza el 65 % y el resto de las empresas que utilizan el 60 % de este tipo de energías. Por lo tanto, es posible inferir que, de acuerdo con los datos obtenidos en las páginas web de las empresas, en promedio el 95 % del agua que se utiliza en los procesos de producción de los vehículos se reutiliza, y en promedio el 65 % de la energía que se requiere para la producción de los vehículos en México proviene de fuentes de energía renovables, reduciendo con ello los niveles de contaminación medioambiental.

Gráfico 60. Energías renovables utilizadas.



Fuente: Elaboración propia con datos de las empresas armadoras de automóviles.

La información presentada en los tres últimos gráficos demuestra que las empresas armadoras de vehículos establecidas en México efectivamente han adoptado e implementado las actividades de la economía circular, al implementar una eficiente gestión de los residuos sólidos industriales que generan, al reciclar casi la totalidad de los materiales y materias primas provenientes de sus residuos sólidos y, sobre todo, al reutilizar casi toda el agua potable que se

utiliza en los procesos de producción, además de que un porcentaje importante de la energía utilizada proviene de fuentes de energías renovables. Por ello, aun cuando existe un déficit en la generación de energía a nivel mundial, las empresas armadoras de vehículos ubicadas en México están ya promoviendo el uso de fuentes de energía renovables como una alternativa para disminuir el nivel de contaminación medioambiental y mejorar el desarrollo sustentable no solamente de las empresas, sino también de las localidades donde se ubican.

1. La economía circular en Nissan

Nissan es una de las primeras empresas de la industria automotriz que iniciaron con la adopción e implementación de las actividades de la economía circular a nivel mundial, aunque posiblemente sea la primera empresa de la industria automotriz que puso en práctica las diversas actividades de la economía circular. Prueba de ello es que desde el inicio del nuevo milenio desarrolló distintos planes para mejorar el medioambiente y el desarrollo sustentable, entre ellos cabe destacar el *Nissan Green Plan*. Asimismo, cabe señalar que generalmente las empresas manufactureras de Japón se destacan por la filosofía de la calidad y la mejora continua. Nissan no es la excepción, al contrario, es una de las empresas más representativas de la aplicación de este tipo de filosofía de calidad total y mejora continua en la totalidad de sus plantas ubicadas alrededor del mundo, entre ellas las tres plantas que tiene la empresa en México.

Además, cabe señalar que la búsqueda de información referente a la adopción de las actividades de la economía circular en Nissan no fue difícil de localizar, ya que se encontró una diversidad de información en la página web de la empresa en sus oficinas centrales en Japón, así como datos y gráficos de los resultados obtenidos de la aplicación de este tipo de actividades sustanciales en sus diversas plantas. Asimismo, se localizó información referente a la implementación de un serie de actividades relacionadas con la economía circular en sus plantas ubicadas en México, por lo cual para que el lector de este libro tenga un panorama general de la implementación de la economía circular en todo el corporativo Nissan y aquellas prácticas de la economía circular que se están implementando en las tres plantas ubicadas en México, se analizará en primera instancia la información general del corporativo y, en segunda, únicamente la implementación de las actividades de la economía circular en México.

De igual forma, en los siguientes apartados se presentará aquella información que está estrechamente relacionada con las distintas actividades de la economía circular separando, como ya se comentó, la información del corporativo Nissan y de Nissan México. Adicionalmente, se realizará un análisis detallado de la información que se presentará en gráficos, tablas y figuras tratando de explicar, de la forma más sencilla posible, para que el lector de esta obra esté en condiciones de comprender mejor la importancia y la contribución que tiene la empresa manufacturera de vehículos tanto para la reducción del nivel de contaminación y mejora significativa del medioambiente de las localidades donde se ubican las plantas armadoras de vehículos, como para la reducción del nivel del cambio climático en beneficio de la sociedad en general.

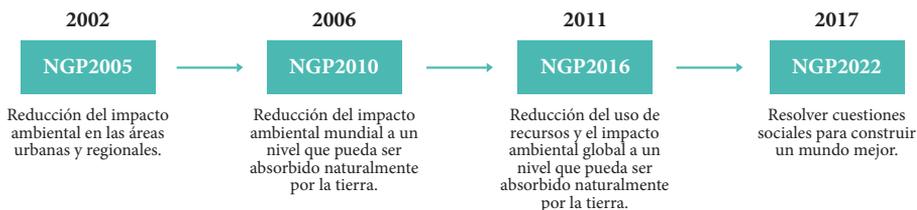
Corporativo Nissan Global

El nuevo modelo de negocio de Nissan, que representa la implementación de las actividades de la economía circular, está relacionado con la filosofía japonesa de la calidad total y de la mejora continua. La aplicación de las prácticas de las actividades que conlleva la economía circular en las empresas manufactureras de la industria automotriz requiere cambios trascendentales al interior de las organizaciones y un alto nivel de compromiso no solamente de la alta gerencia, sino también de todo el personal de la organización, ya que esta metodología busca la eficiencia en la utilización de los recursos, la reducción del uso de materiales, materias vírgenes y de la energía no renovable sin detrimento de la calidad de los productos, una disminución en la generación de residuos sólidos industriales, así como el reciclaje y reúso de los mismos en la producción de nuevos productos o la remanufactura de productos. En las figuras y gráficos que se presentan a continuación se aprecia mejor la adopción e implementación de las actividades de la economía circular por parte del corporativo Nissan Global.

La figura 29 muestra la evolución del *Nissan Green Plan*. Es posible observar que las actividades del corporativo Nissan en el año 2002 (NGP2005) estaban totalmente enfocadas en la reducción del impacto ambiental en las áreas urbanas y regionales donde se encuentran ubicadas sus plantas alrededor del mundo. Mientras que para el año 2011, el *Green Plan* (NGP2016) se orientó en la reducción del uso de recursos y el impacto ambiental global a un nivel que pueda ser absorbido naturalmente por la tierra (aplicación total de la econo-

mía circular) y en el año 2017 lanzaron el *Green Plan* (NGP2022) que estará vigente hasta el año 2022. Este plan está enfocado a resolver cuestiones sociales para construir un mundo mejor. En él, puede observarse que contiene también la implementación de las actividades de la economía circular en uno de los niveles de mayor aplicación, al contemplar no solamente los beneficios para la organización y las localidades donde se ubican las empresas, sino el medioambiente global.

Figura 29. Evolución del Nissan Green Plan.



Fuente: Corporativo Nissan.

La tabla 8 indica los principales objetivos que tiene el Corporativo Nissan para el año 2022 en términos medioambientales, los cuales se encuentran incluidos en el *Green Plan* NGP2022. Se puede observar que uno de los principales objetivos de Nissan es contribuir significativamente a la mitigación del cambio climático que prevalece a nivel global, para lo cual la organización ha diseñado e implementado una serie de actividades de la economía circular como es la reducción del 90 % de las emisiones de CO₂ al medioambiente de los vehículos nuevos y la reducción del 80 % de las emisiones de CO₂ al medioambiente de las actividades corporativas. En lo referente a la dependencia de recursos, el corporativo tiene el firme objetivo de reducir la dependencia de materiales y materias primas vírgenes en un 70 %, así como generar un impacto cero en cuanto a la calidad del aire y cero estrés en la escasez del agua, tanto en los procesos de producción de los vehículos como de las localidades donde se ubican las empresas.

Tabla 8. Objetivos principales de Nissan para el año 2022.

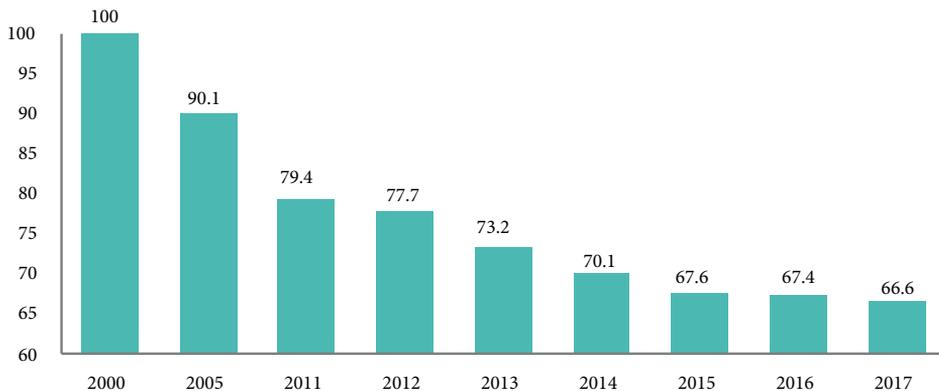
Actividades	Visión a largo plazo		Principales objetivos para 2022
Ambiental	Gestionar la dependencia/impacto ambiental causado por nuestras operaciones y productos a un nivel que pueda ser absorbido por la naturaleza y transmitir un rico capital natural a las generaciones futuras.		
	Cambio climático	<p>Carbono neutral:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lograr una reducción del 90% de las emisiones de CO₂ de los vehículos nuevos para 2050 (vs 2000). • Lograr una reducción del 80% de las emisiones de CO₂ de las actividades corporativas para 2050 (vs 2005). 	<p>Reducción de emisiones de CO₂ del producto: 40% de reducción de automóviles nuevos (vs FA00; JPN, US, EUR, PRC). Corporación general, reducción de emisiones de CO₂: 30% de reducción de CO₂ global por unidad de ventas (vs FA05).</p>
	Dependencia de recursos	<p>Cero usos de nuevos recursos materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducir la dependencia de nuevos materiales 70% para 2050. 	<p>Nueva minimización de recursos: reducir el nuevo uso de recursos naturales en un 30% por vehículo.</p>
	Calidad del aire	Impacto cero	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la calidad del aire de la cabina: investigación sobre soluciones técnicas. • Reducir VOC de MFG: promover la reducción de VOC por áreas de pintura.
	Escasez de agua	Cero estrés	<p>Reducción de agua (fabricación): 21% de reducción de la ingesta de agua por unidad en la producción mundial (vs FY10).</p>

Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 61 revela la tasa de reducción de las emisiones de CO₂ de los vehículos nuevos de Nissan a nivel global. Es posible observar que año con año, a partir del nuevo milenio, se están reduciendo significativamente las emisiones de CO₂ de los vehículos nuevos producidos por el Corporativo Nissan a nivel mundial. Además, considerando el inicio del nuevo milenio como el punto de partida, en los primeros cinco años se redujeron las emisiones de CO₂ cerca del 10%, para el año 2011 se redujo en un poco más del 20% y para el año 2017

la reducción de los niveles de las emisiones de CO₂ por cada vehículo nuevo producido era de cerca del 34 %. Estos datos demuestran que el Corporativo Nissan no solamente tiene un alto nivel de compromiso con sus consumidores de vehículos nuevos alrededor del mundo, de brindarles vehículos que generan un bajo nivel de contaminantes al medioambiente de CO₂, sino también un con la sociedad mundial en general, al reducir los niveles de contaminación de la totalidad de sus plantas productoras de vehículos ubicadas en distintos países alrededor del mundo.

Gráfico 61. Tasa de reducción de emisiones de CO₂ de vehículos nuevos a nivel global.

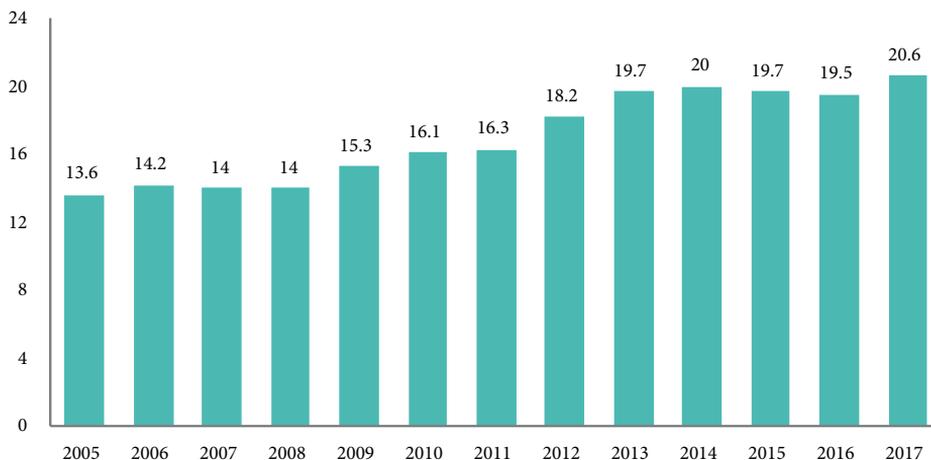


Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 62 demuestra el promedio corporativo de eficiencia del combustible de los vehículos nuevos producidos por el Corporativo Nissan. Se observa que en el año 2005 el rendimiento del combustible de los vehículos nuevos era de 13.6 kilómetros por litro. Mientras que para el año 2011 el rendimiento del combustible se ubicó en 16.3 kilómetros por litro y para el año 2017 el rendimiento del combustible había alcanzado los 20.6 kilómetros por litro, es decir, en un poco más de una década el rendimiento de la eficiencia del combustible se incrementó sustancialmente al pasar de 13.6 a 20.6 kilómetros por litro, lo que significa un incremento de un poco más del 51 % en la eficiencia del combustible. Esta información es fundamental, ya que no solamente se refiere a la reducción en el uso de combustibles de los vehículos nuevos de Nissan, sino también a la reducción de los impactos negativos al medioambiente, ya que

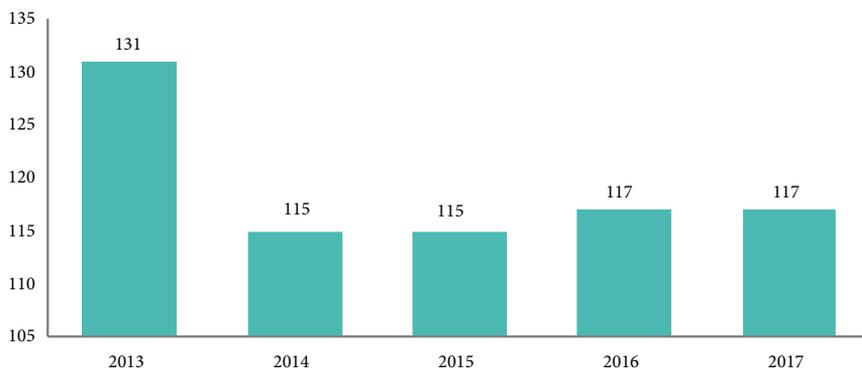
una reducción del uso de combustibles fósiles (que es el tipo de combustibles que utilizan la mayoría de los vehículos nuevos de Nissan) significa una menor cantidad de emisiones de contaminantes de CO₂ al medioambiente y una mejora sustancial del desarrollo sustentable global.

Gráfico 62. Promedio corporativo de eficiencia de combustible (km/l).



Fuente: Corporativo Nissan.

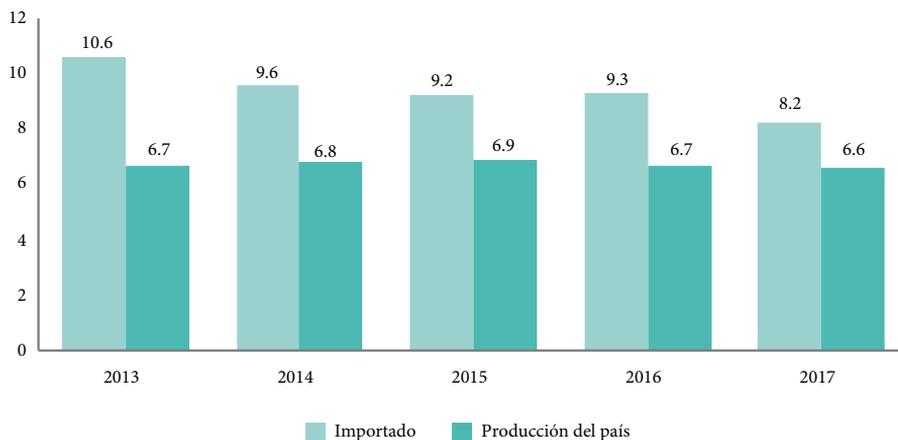
Gráfico 63. Índice de emisiones de CO₂ de los vehículos nuevos en Europa.



Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 63 establece el índice de emisiones de CO₂ de los vehículos nuevos producidos por el Corporativo Nissan en Europa. Se puede observar la existencia de una reducción significativa del índice de emisiones de CO₂ en el año 2014, al pasar el índice de 131 en el año 2013 a 115 en el año 2014, pero se incrementó ligeramente el índice de emisiones de CO₂ al pasar de 115 en el año 2014 a 117 en el año 2017. Este incremento, aun cuando es muy pequeño, no deja de ser un aumento en el índice de emisiones de CO₂ al medioambiente, lo cual indica que los vehículos nuevos del Corporativo Nissan están generando mayores niveles de emisiones de contaminantes al medioambiente en el año 2017 que los que se generaban en el año 2015, por lo cual la empresa tendrá que mejorar la eficiencia de los combustibles en sus vehículos nuevos para tratar de reducir el índice de emisiones de CO₂ al medioambiente.

Gráfico 64. Consumo medio corporativo de combustible en China (l/100 km).

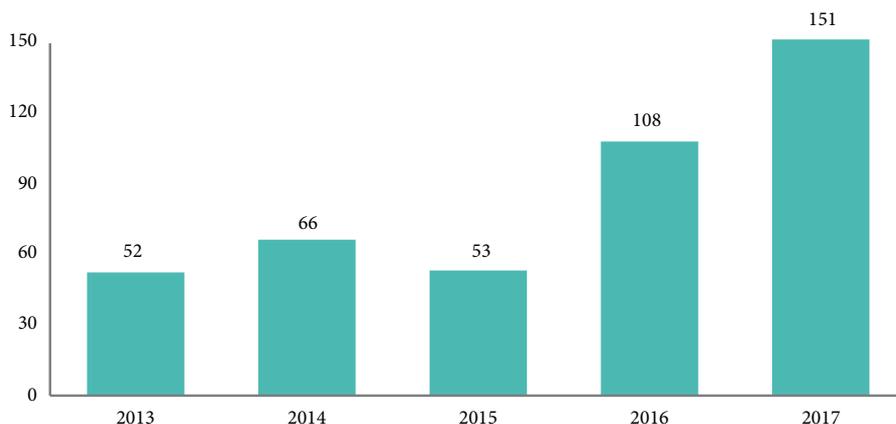


Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 64 muestra el consumo medio corporativo de combustibles de los vehículos nuevos producidos por el Corporativo Nissan en China y los vehículos importados. Se observa que los vehículos importados de otras marcas tienen un consumo mayor de combustible en el período analizado, aun cuando el consumo de combustible se redujo significativamente al pasar de 10.6 litros por cada 100 kilómetros recorridos en el año 2013 a 8.2 litros en el año 2017.

Sin embargo, los vehículos nuevos producidos por el Corporativo Nissan mantuvieron el consumo medio de combustible durante el período de 2013 a 2017, aun cuando se redujo levemente el consumo de combustible al pasar de 6.7 litros por cada 100 kilómetros recorridos a 6.6 litros en el año 2017. Aun así, los vehículos nuevos producidos por el Corporativo Nissan no solamente tienen un mayor nivel de rendimiento del combustible en el mercado de China, sino que también colaboran con las autoridades gubernamentales de China en la reducción significativa de los niveles de contaminación medioambiental a través de la producción de vehículos nuevos que emiten menores niveles de emisiones de CO₂ al medioambiente.

Gráfico 65. Número de unidades vendidas 100 % EV y e-POWER (miles de unidades).

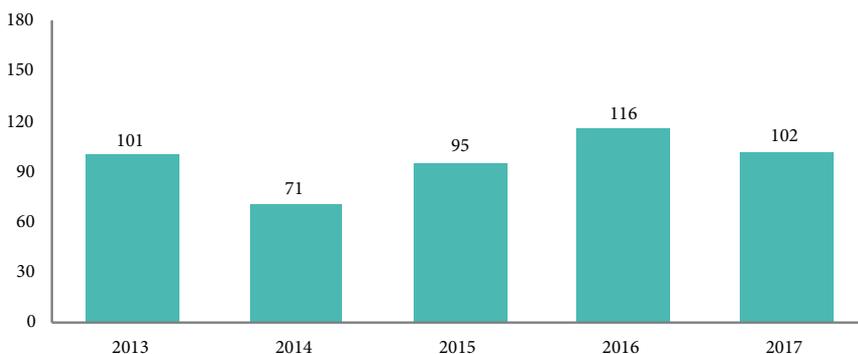


Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 65 indica el número de unidades vendidas de vehículos 100 % eléctricos y que tienen un motor *e-POWER* de máxima potencia. Se puede observar la existencia de un incremento en el nivel de producción al pasar de 52 000 vehículos eléctricos en el año 2013 a 66 000 vehículos en el año 2014, pero se redujo el nivel de producción a 53 000 vehículos en el año 2015, para luego tener un incremento sustancial al llegar a 151 000 unidades vendidas en el año 2017. Aun cuando en términos porcentuales esta cantidad representa un pequeño porcentaje del volumen total de producción del Corporativo Nissan, es importante establecer que la organización está en el camino correcto del in-

cremento del volumen de producción y ventas de los vehículos eléctricos que tienen incorporado un motor de máxima potencia, ya que la tendencia de los mercados de consumo más importantes del mundo es el adquirir de este tipo de vehículos. Por lo cual, la empresa ha tomado el rumbo que marcan los consumidores globales y todavía le queda un camino muy arduo que tiene que recorrer para que los vehículos eléctricos generen el mayor volumen de producción y ventas del Corporativo.

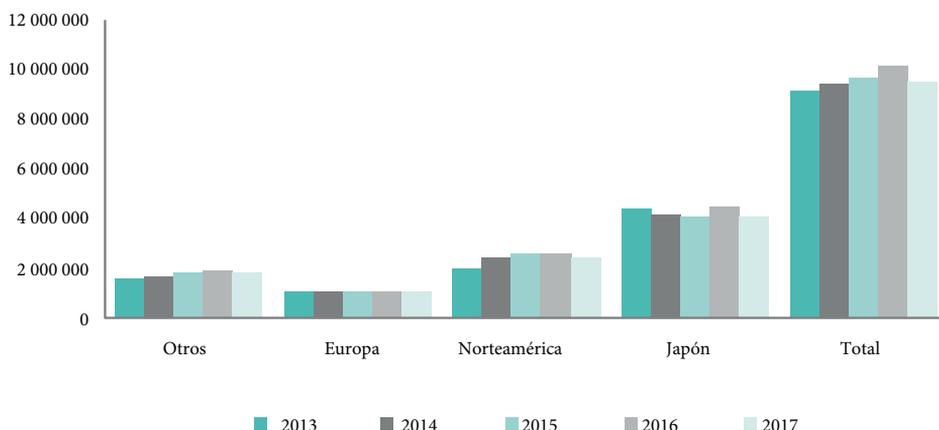
Gráfico 66. Número de unidades híbridas vendidas (miles de unidades).



Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 66 presenta el número de vehículos híbridos vendidos durante el período 2013-2017. Se observa una tendencia inestable en la venta de los vehículos híbridos, ya que después de registrarse un descenso en el año 2014 al pasar de 101 000 unidades vendidas en el año 2013 a 71 000 unidades vendidas en el año 2014, para luego incrementarse a 95 000 unidades en el año 2015, volver a registrar un incremento a 116 000 unidades en el año 2016 y una reducción a 102 000 unidades vendidas en el año 2017. La inestabilidad de las ventas de los vehículos híbridos posiblemente tenga su origen en los precios de los vehículos, ya que en un inicio los costos de producción de estos son muy elevados y, a medida que se incrementa el nivel de producción, el desarrollo tecnológico de ellos, así como la innovación en nuevos componentes se reducen dichos costos y, por ende, también los precios de venta de los vehículos.

Gráfico 67. Consumo global de energía en la producción de vehículos (principales países).



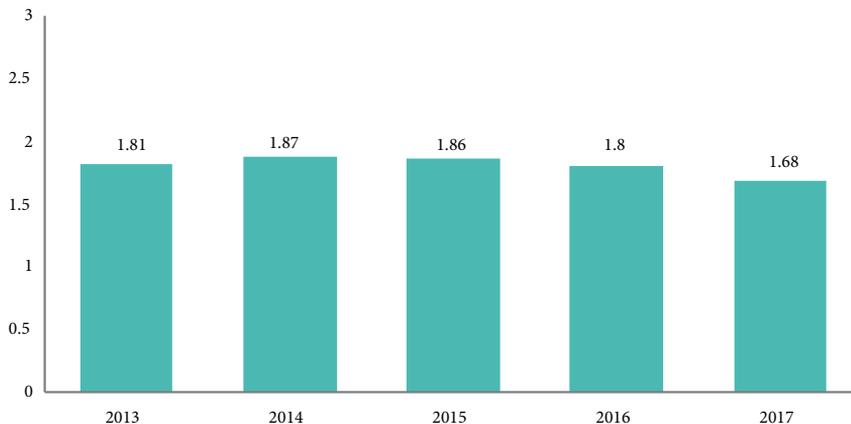
Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 67 informa el nivel de consumo global de energía en la producción de vehículos en los principales países donde están ubicadas las plantas del Corporativo Nissan. Se puede observar una estabilidad en el consumo de energía en las distintas plantas ubicadas en Europa, un aumento moderado en el consumo de energía en las plantas ubicadas en México, Estados Unidos y Canadá, así como una pequeña reducción en el consumo de energía en las plantas ubicadas en Japón, con excepción del año 2016 que se registró un leve incremento. En términos generales, se observa en el mismo gráfico la existencia de un leve incremento en el consumo de energía durante el período de 2013 a 2016, y una ligera reducción en el consumo de energía en el año 2017 en la totalidad de las plantas ubicadas en el mundo. Esto indica porqué uno de los objetivos esenciales del *Green Plan* NGP2022 es la reducción del consumo de energía, tanto en la producción de cada uno de los vehículos como en la totalidad de la planta armadora de vehículos, demostrando con ello la aplicación de las actividades de la economía circular.

El gráfico 68 muestra la cantidad de energía utilizada por cada uno de los vehículos producidos a nivel global por el Corporativo Nissan. Se puede observar que en el año 2014 se tuvo un ligero incremento al pasar de 1.81 megavatios por vehículo a 1.87 y, a partir del año 2014 se generó una reducción

significativa en el consumo de energía por vehículo producido al llegar a 1.68 megavatios por vehículo. Aun cuando la reducción del consumo de energía representa una pequeña cantidad de megavatios por vehículo producido, si se multiplica esta cantidad por la cantidad de total de vehículos que produce el Corporativo Nissan a nivel mundial, entonces tendríamos una cantidad importante de disminución del uso de energía en la producción de los vehículos nuevos en el año 2017. Lo cual, indica el nivel de compromiso que tiene el Corporativo Nissan no solamente del cuidado del medioambiente, sino también del desarrollo sustentable tanto de la organización como de las localidades donde se ubican la totalidad de las plantas armadoras de vehículos nuevos.

Gráfico 68. Energía utilizada por vehículo producido (mw/vehículo).

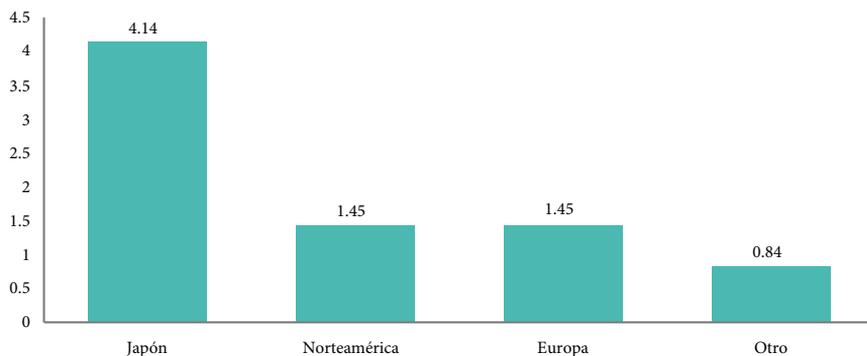


Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 69 indica el nivel de energía utilizada en la producción de vehículos por región en el año 2017. Se observa que Japón es el país donde se utiliza la mayor cantidad de energía en la producción de un vehículo del Corporativo Nissan, 4.14 megavatios hora, y tanto en Norteamérica como en Europa, el consumo medio de energía en la producción de un vehículo es de 1.45 megavatios hora, una cantidad mucho menor que la utilizada en Japón. Esta información es elemental, ya que demuestra el alto costo que tiene el Corporativo Nissan en Japón en la utilización de energía para la producción de vehículos, lo que pudiera ser una de las principales causas de porqué la organización tie-

ne la mayor parte de sus plantas automotrices fuera de ese país y busca que sus plantas se ubiquen en aquellos países cuyos costos de producción, entre ellos el de la energía, sean lo más bajos posibles. México cumple con estos requisitos.

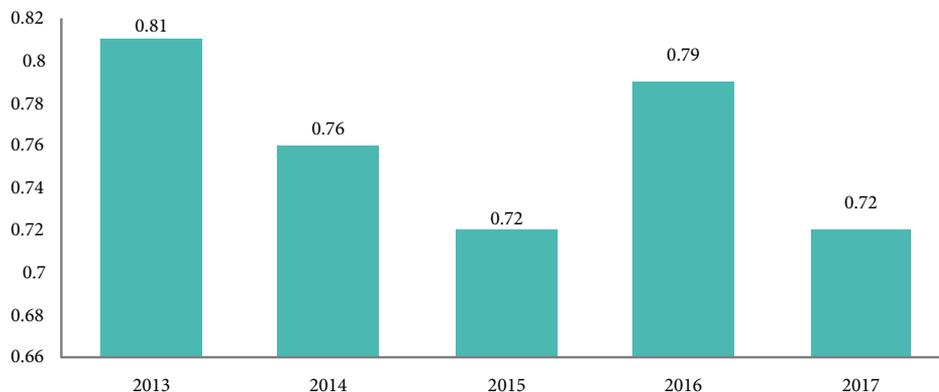
Gráfico 69. Energía utilizada en la producción de vehículos por región en 2017 (MWh/vehículo).



Fuente: Corporativo Nissan.

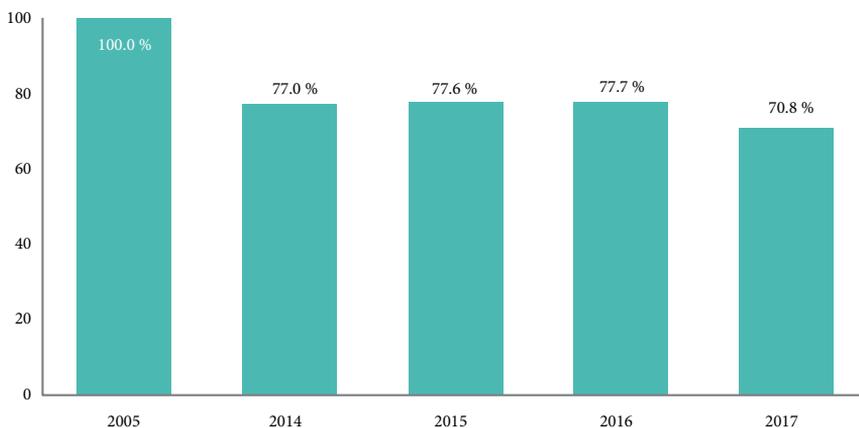
Si se analiza ahora la energía utilizada en la producción de vehículos por ingresos obtenidos del Corporativo Nissan, el gráfico 70 muestra una irregularidad en la cantidad de energía utilizada. En el año 2013 se registró el mayor nivel de consumo de energía de 0.81 megavatios por cada millón de vehículos producidos. Mientras que en el año 2014 la cantidad disminuyó a 0.76 megavatios por cada millón de vehículos producidos, reduciéndose aún más la cantidad de consumo de energía en el año 2015 a 0.72 megavatios por cada millón de vehículos. Pero, en el año 2016 se incrementó sustancialmente el nivel de consumo de energía para llegar a 0.79 megavatios por cada millón de vehículos y, nuevamente, disminuyó la cantidad de consumo de energía a 0.72 megavatios por cada millón de vehículos producidos. Esto indica que el plan adoptado por el Corporativo Nissan no está dando los resultados esperados en términos de la eficiencia en la reducción del consumo de energía por vehículo producido, por lo cual se tienen que hacer los ajustes necesarios para disminuir la contaminación medioambiental.

Gráfico 70. Energía utilizada en la producción de vehículos por ingresos. (MW/millón de vehículos).



Fuente: Corporativo Nissan.

Gráfico 71. Generación de huella de carbono corporativa por vehículo producido (porcentaje).



Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 71 establece la generación de huella de carbono del Corporativo Nissan por vehículo producido, y se puede observar que, tomando el año 2005 como el año base o comparativo, existe un avance significativo en la re-

ducción de la huella de carbono por vehículo producido en un 23 % para el año 2014, se incrementa levemente en el año 2015 en 0.07 %, igualmente sucede en el año 2016 en 0.01 % y se reduce la generación de huella de carbono del Corporativo Nissan en el año 2017 en 29.2 % para llegar a un nivel de 70.8 % por vehículo producido. Por lo tanto, de acuerdo con estos resultados, es posible establecer que las acciones iniciadas por el Corporativo Nissan a través de la adopción e implementación de sus *Nissan Green Plans*, en la totalidad de sus plantas ubicadas alrededor del mundo, están dando los resultados esperados al disminuir significativamente la generación de la huella de carbono por vehículo producido en promedio en un 30 % en doce años, lo cual permite inferir que el Corporativo Nissan evitó una cantidad importante de contaminantes al medioambiente y mejoró el desarrollo sustentable.

Gráfico 72. Generación de huellas de carbono en las actividades de producción de vehículos.

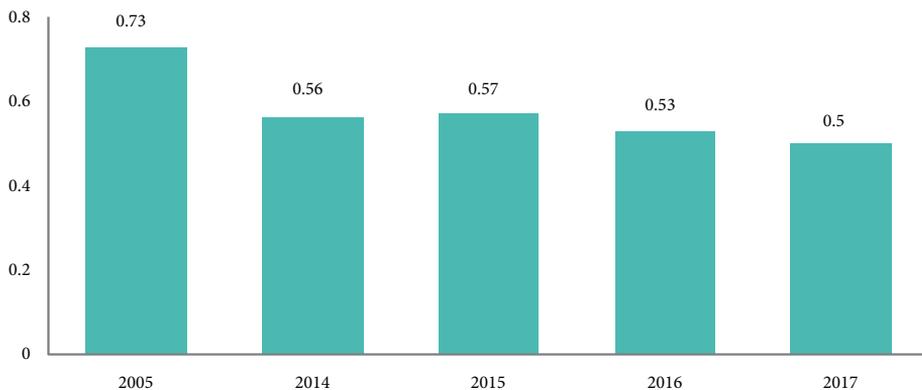


Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 72 demuestra la generación de huellas de carbono en las actividades de producción de vehículos del Corporativo Nissan. Se observa la existencia de una tendencia de un leve aumento en la generación de la huella de carbono en la producción de vehículos al pasar de 2 426 en el año 2005 a 2 923 en el año 2014 y a un nivel de 3 306 en el año 2017. El pequeño incremento en la generación de huellas de carbono en las actividades de producción de vehículos que ha registrado en Corporativo Nissan, posiblemente se puede ver como un acrecentamiento en los niveles de contaminación medioambiental a nivel

mundial, pero es importante recordarle al lector que en los gráficos anteriores se presentaron algunos gráficos que mostraban un incremento significativo en el nivel de producción de vehículos del Corporativo Nissan. Por lo cual, es lógico que se incremente la generación de huellas de carbono, pero en un nivel menor al del incremento de la producción, lo que permite establecer la existencia de menores niveles de contaminación medioambiental.

Gráfico 73. Emisiones de CO₂ por vehículo producido (toneladas/vehículo).

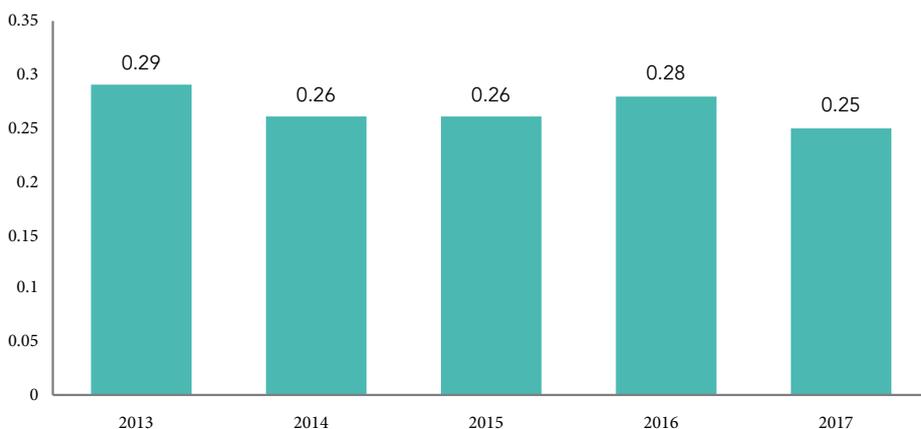


Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 73 revela las emisiones de CO₂ por cada vehículo producido por el Corporativo Nissan. Se puede observar una leve tendencia a la baja en las emisiones de CO₂, al pasar de 0.73 toneladas por vehículo en el año 2005 a 0.56 toneladas por vehículo en el año 2014, para luego incrementarse levemente a 0.57 toneladas por vehículo en el año 2015 y reducirse otra vez el nivel de CO₂ a 0.50 toneladas por vehículo en el año 2017. Por ello, es posible establecer que las distintas acciones emprendidas por el Corporativo Nissan en la reducción significativa de las emisiones de CO₂ al medioambiente por cada uno de los vehículos producidos en sus distintas plantas automotrices establecidas alrededor del mundo, están dando buenos resultados ya que en los últimos doce años de su adopción e implementación se ha reducido significativamente las emisiones de CO₂ en un 32 % por cada vehículo producido. Lo cual, significa que se ha evitado la emisión de miles de toneladas de CO₂ al medioambiente, mejorando con ello no solamente el nivel de desarrollo sustentable del Corpo-

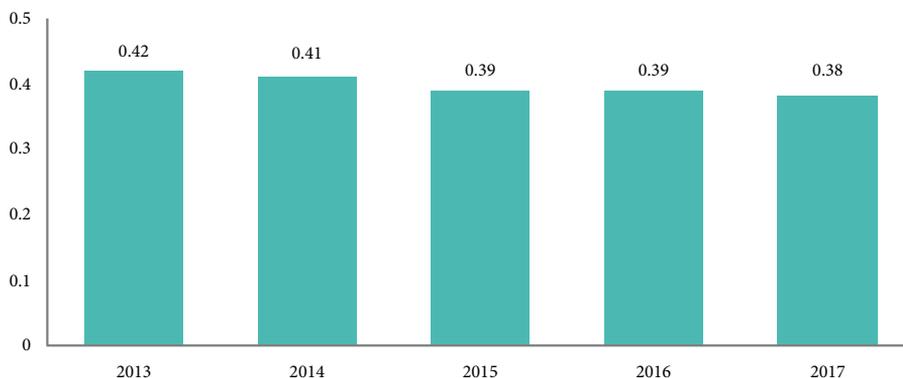
rativo Nissan, sino también el desarrollo sustentable de las distintas localidades donde se ubican sus plantas automotrices.

Gráfico 74. Emisiones de CO₂ por ingresos generados (toneladas/millón de vehículos).



Fuente: Corporativo Nissan.

Si se toman en cuenta ahora las emisiones de CO₂ por nivel de ingresos de las plantas automotrices del Corporativo Nissan ubicadas alrededor del mundo, el gráfico 74 muestra que en el año 2013 se registró la emisión de 0.29 toneladas de CO₂ por millón de vehículos producidos, mientras que en el año 2014 la emisión de CO₂ disminuyó a 0.26 toneladas por millón de vehículos producidos, permaneciendo prácticamente igual en el año 2016 para luego aumentar levemente a 0.28 toneladas de CO₂ por millón de vehículos producidos en el año 2016, y reducirse otra vez en el año 2017 a 0.25 toneladas de CO₂ por millón de vehículos producidos. Por lo tanto, esta información permite establecer que los planes implementados por el Corporativo Nissan en todas sus plantas automotrices establecidas alrededor del mundo son los adecuados, ya que aun cuando se incrementaron levemente las emisiones de CO₂ en el año 2016, el análisis realizado durante los últimos cinco años permite identificar una tendencia a la disminución sustancial de las emisiones de CO₂ al medioambiente.

Gráfico 75. Emisiones de CO₂ por vehículo transportado (kg/vehículo).

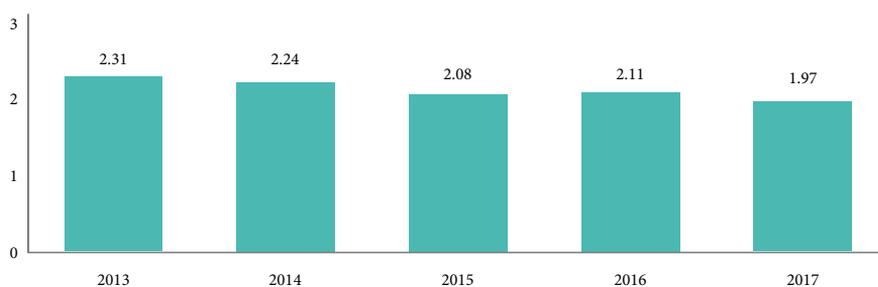
Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 75 indica las emisiones de CO₂ por cada uno de los vehículos transportados de las diferentes plantas automotrices del Corporativo Nissan ubicadas en distintos países a los centros de distribución y venta. Se puede observar la existencia de una reducción pequeña en cada uno de los cinco años analizados, al pasar de 0.42 kilogramos de CO₂ por cada vehículo transportado en el año 2013 a 0.41 kilogramos de CO₂ por vehículo transportado en el año 2014, permaneciendo prácticamente estable en los años 2015 y 2016 en 0.39 kilogramos de CO₂ por vehículo transportado y reducirse nuevamente a 0.38 kilogramos de CO₂ por vehículo transportado en el año 2017. Por lo cual, es posible establecer que las distintas acciones que está implementado el Corporativo Nissan en sus plantas ubicadas alrededor del mundo, son totalmente efectivas porque sí están reduciendo las emisiones de CO₂ al medioambiente.

El gráfico 76 indica la generación de COV (Compuestos Orgánicos Volátiles) en la producción de vehículos nuevos del Corporativo Nissan. Se observa la existencia de una ligera disminución de los COV en el período de 2013 a 2017, ya que, mientras que en el año 2013 se registró un COV de 2.31 kilogramos por vehículo, para el año 2014 disminuyó la cantidad a 2.24 kilogramos de COV por vehículo. Igual pasó en el año 2015, al registrarse una cantidad de 2.08 kilogramos de COV por vehículo, pero aumentó ligeramente la cantidad en 2016 al pasar a 2.11 kilogramos de COV por vehículo y disminuyó nuevamente la cantidad a 1.97 kilogramos de COV por vehículo. Por lo tanto, es posible establecer

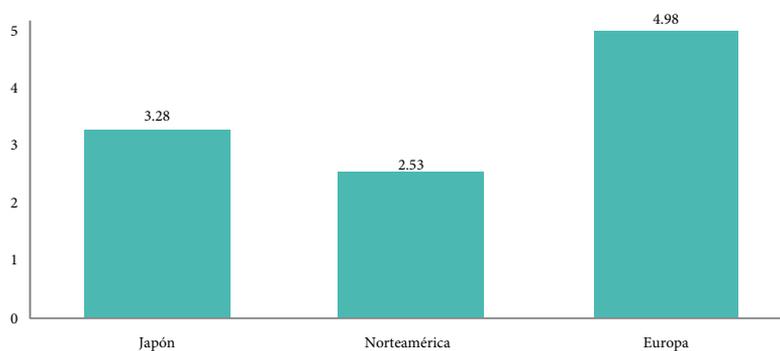
que la producción de automóviles por parte del Corporativo Nissan incorpore tecnología totalmente nueva, que les permite que sus vehículos nuevos, que se están vendiendo en el mercado mundial, generen cada vez menores niveles de compuestos orgánicos volátiles (los cuales son las emisiones de los escapes de los vehículos generados por la combustión de los combustibles fósiles que utilizan), lo que permite una reducción en la emisión de miles de toneladas de contaminantes al medioambiente.

Gráfico 76. COV en la producción de vehículos (kg/vehículo).



Fuente: Corporativo Nissan.

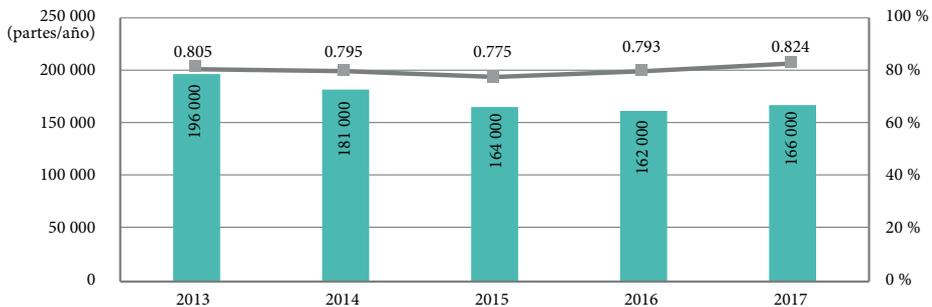
Gráfico 77. COV en la producción de vehículos por región (kg/vehículo).



Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 77 muestra la generación de COV en la producción de vehículos nuevos por región en donde se encuentran establecidas las plantas automotrices del Corporativo Nissan. Se puede observar que los vehículos producidos en las plantas de Europa son los que tienen el mayor nivel de generación de COV, al registrar una cantidad de 4.98 kilogramos de COV por vehículo, les siguen, en orden de importancia, las plantas ubicadas en Japón con un registro de 3.28 kilogramos de COV por vehículo y, finalmente, las plantas establecidas en Norteamérica con una cantidad de 2.53 kilogramos de COV por vehículo. Adicionalmente, la información del gráfico anterior nos permite inferir que el Corporativo Nissan sí está implementando las distintas actividades de la economía circular, ya que, aun cuando un alto porcentaje del total del volumen de producción de vehículos tienen un motor que utiliza combustibles fósiles, este tipo de vehículos generan cada vez una menor emisión de contaminantes al medioambiente.

Gráfico 78. Parachoques recuperados en el proceso de producción.

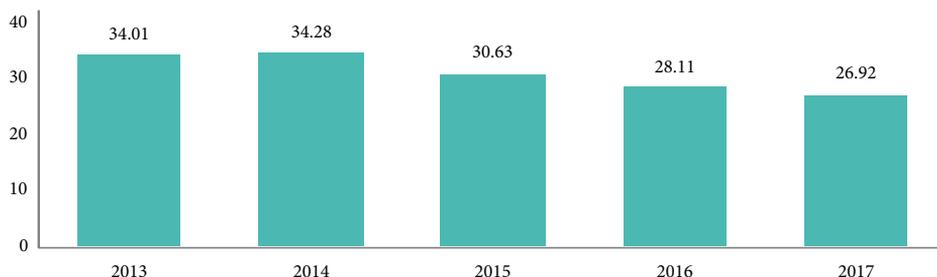


Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 78 enseña los parachoques recuperados en el proceso de producción del Corporativo Nissan, y se puede observar una disminución importante en la cantidad de parachoques que se recuperan en el proceso de producción, al pasar de un registro de 196 000 parachoques en 2013 a 181 000 en 2014. Mientras que en el año 2015 se registró una cantidad de 164 000 parachoques recuperados, para 2016 disminuyó esa cantidad a 162 000 parachoques y en el año 2017 se incrementó levemente a 166 000 parachoques recuperados durante el proceso de producción. Asimismo, la información del gráfico ante-

rior nos permite inferir que las diversas acciones que está implementando el Corporativo Nissan son las adecuadas, ya que se tiene una recuperación del 82.4 % de los parachoques en el proceso de producción, los cuales se reutilizan y no van a parar a los vertederos municipales.

Gráfico 79. Residuos generados por vehículo producido (kg/vehículo).



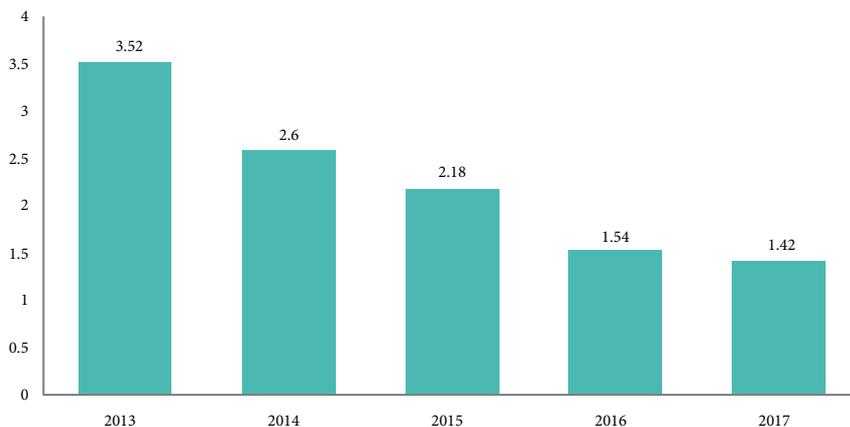
Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 79 muestra los residuos generados por cada uno de los vehículos producidos por el Corporativo Nissan en sus distintas plantas ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar la existencia de una ligera disminución en la generación de residuos, excepto en el año 2014 en el cual se registró un pequeño aumento de la cantidad de residuos, al pasar de 34.01 kilogramos por vehículo en el año 2013 a 34.28 kilogramos en el año 2014. Después, se registró una disminución en el año 2015, al generar 30.63 kilogramos de residuos por vehículo, disminuyendo esa cantidad a 28.11 kilogramos de residuos por vehículo en el año 2016 y, finalmente, registrar 26.93 kilogramos de residuos por vehículo producido. La existencia de una disminución de 7.09 kilogramos de residuos por vehículo producido en los cinco años analizados, permite inferir que el Corporativo Nissan evitó que cientos de miles de toneladas de residuos sólidos industriales fueran a parar a los vertederos municipales, lo cual podría traducirse en una mejora significativa del medioambiente y el nivel del desarrollo sustentable global.

El gráfico 80 especifica los residuos sólidos recuperados por cada uno de los vehículos producidos por el Corporativo Nissan en sus plantas ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar la existencia de una reducción significativa de los residuos sólidos industriales recuperados, ya que durante el año

2013 se tuvo un registro de 3.52 kilogramos de recuperación de residuos por vehículo producido. Mientras que en el año 2014 esa cantidad disminuyó a 2.60 kilogramos de residuos sólidos industriales por vehículo producido, disminuyendo otra vez esta cantidad en el año 2015 al registrarse 2.18 kilogramos de residuos recuperados por vehículo producido, lo mismo sucedió en el año 2016 al disminuir la cantidad de residuos recuperados a 1.54 kilogramos por vehículo producido y, nuevamente, en el año 2017, se dio otro descenso registrando 1.42 kilogramos de residuos sólidos industriales por vehículo producido. Esto permite inferir que la implementación de las actividades de la economía circular está dando los resultados esperados por el Corporativo Nissan: una disminución significativa de los residuos.

Gráfico 80. Residuos recuperados por vehículo producido (kg/vehículo).

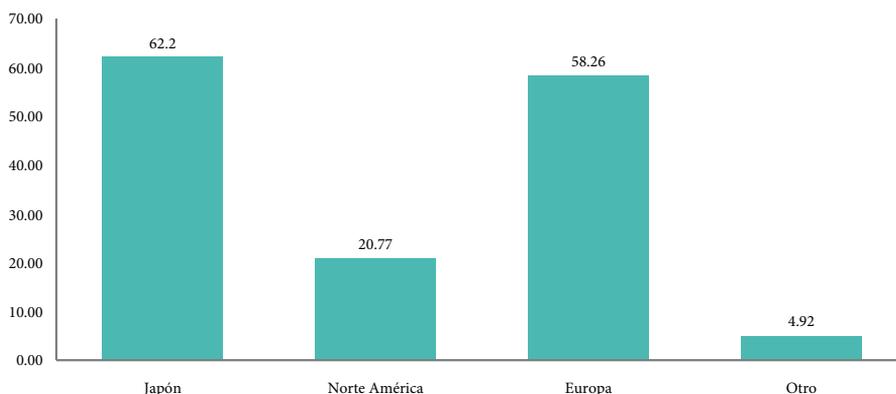


Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 81 presenta los residuos generados por vehículo producido por región de las distintas plantas automotrices del Corporativo Nissan. Se puede observar que en las plantas ubicadas en Japón en donde se encuentra la mayor cantidad de residuos al generarse 62.20 kilos por vehículo producido. Mientras que en las plantas establecidas en Europa se generaron 58.26 kilogramos de residuos sólidos industriales por vehículo producido en el año 2017 y, en las plantas ubicadas en Norteamérica se registró la menor cantidad de residuos sólidos industriales con 20.77 kilogramos por vehículo producido. Esta

información permite establecer que, las empresas automotrices del Corporativo Nissan ubicadas en México, Estados Unidos y Canadá son las que generan una menor cantidad de residuos sólidos industriales por vehículo producido, lo cual indica que en este tipo de empresas se genera una menor contaminación medioambiental.

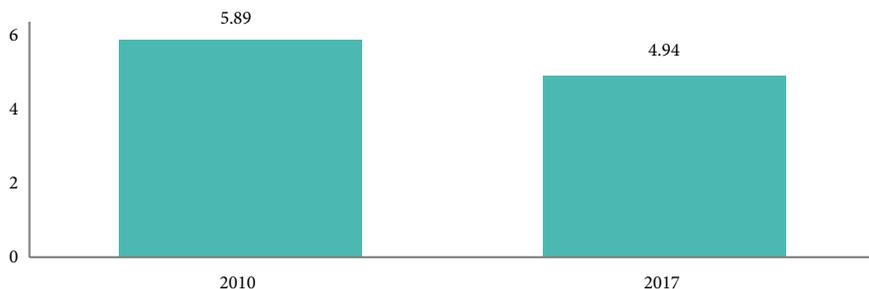
Gráfico 81. Residuos generados por vehículo producido por región (kg/vehículo).



Fuente: Corporativo Nissan.

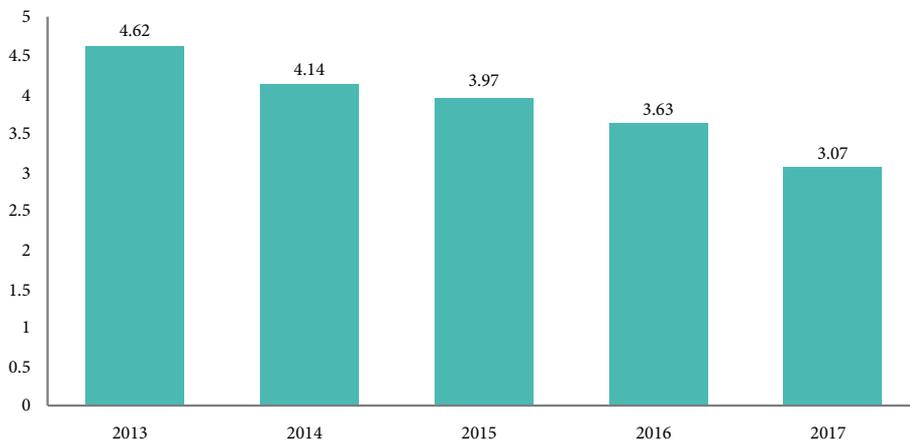
El gráfico 82 indica el consumo de agua en la producción de vehículos en las diferentes plantas automotrices que tiene el Corporativo Nissan alrededor del mundo. Se observa una disminución significativa en el consumo de agua en los últimos siete años, al pasar de 5.89 m³ por vehículo producido en el año 2010 a 4.94 m³ de agua por vehículo en el año 2017. La reducción del nivel de consumo de agua potable de 0.95 m³ por vehículo producido en las plantas del Corporativo Nissan, posiblemente signifique una cantidad muy pequeña para el lector pero realmente significa dejar de consumir alrededor de 950 litros de agua potable por vehículo producido, si se multiplica esta cantidad por la totalidad de vehículos producidos a nivel mundial por el Corporativo Nissan, el lector se dará cuenta que son millones de litros de agua potable que se están dejando de utilizar en la producción de vehículos nuevos. Lo anterior, beneficia no solamente al medioambiente y el nivel del desarrollo sustentable, sino a la sociedad mundial al evitar la desaparición de los mantos acuíferos y ayuda a la recarga de estos.

Gráfico 82. Consumo de agua en la producción de vehículos (m³/vehículo).



Fuente: Corporativo Nissan.

Gráfico 83. Descarga de aguas residuales en la producción de vehículos (m³/vehículo).

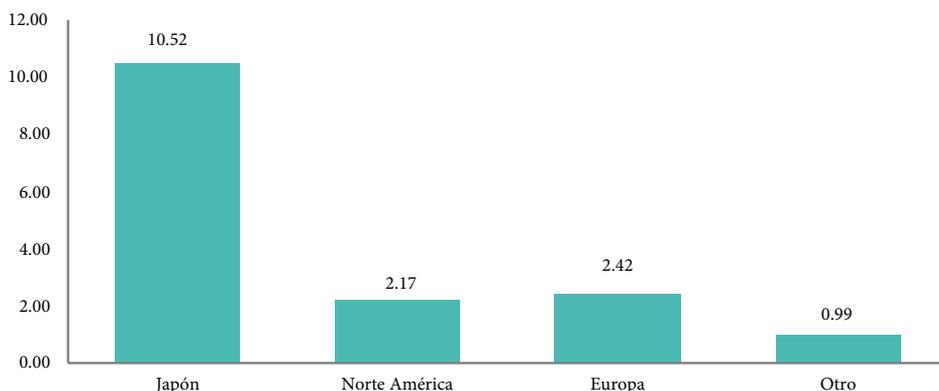


Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 83 muestra la descarga de aguas residuales generadas en la producción de vehículos en las distintas plantas del Corporativo Nissan ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar una disminución significativa durante los cinco años analizados, al pasar de 4.62 m³ de aguas residuales por vehículo en el año 2013 a 4.14 m³ de aguas residuales en el año 2014, para el año 2015 se

tenía un registro de 3.97 m³ de descarga de aguas residuales por vehículo producido reduciéndose esa cantidad a 3.63 m³ para el año 2016 y, finalmente, sufriendo de nuevo una reducción para el año 2017 al registrar una cantidad de 3.07 m³ de descarga de aguas residuales por vehículo producido. Asimismo, esta información permite establecer que las distintas acciones emprendidas por el Corporativo Nissan para mejorar el medioambiente y el nivel del desarrollo sustentable global están dando buenos resultados, ya que si la disminución de la descarga de 1.55 m³ de aguas residuales por vehículo se multiplica por la totalidad de los vehículos producidos en el año 2017 por el Corporativo Nissan, significa la no contaminación de los mantos acuíferos de cientos de millones de m³ de aguas residuales.

Gráfico 84. Descarga de aguas residuales en la producción de vehículos por región (m³/vehículo).

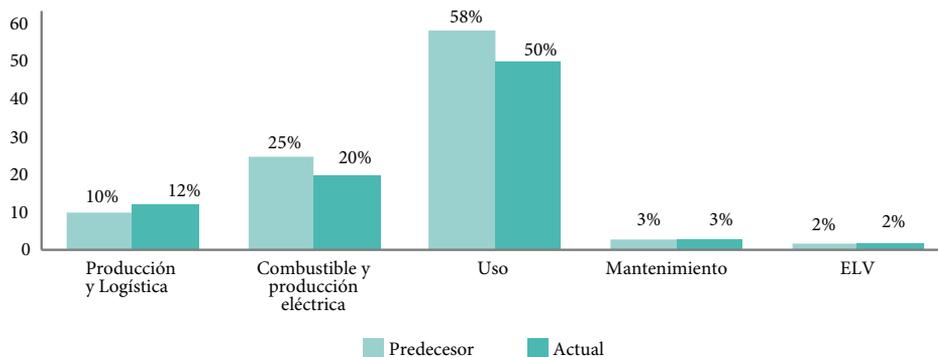


Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 84 indica la cantidad de descarga de aguas residuales en la producción de vehículos por región en las diversas plantas automotrices del Corporativo Nissan ubicadas alrededor del mundo. Se observa que nuevamente Japón es el lugar donde se tiene el mayor registro de la descarga de aguas residuales, al registrar 10.52 m³ por vehículo producido, seguido por Europa con un registro de 2.42 m³ de aguas residuales y por Norteamérica con una cantidad de 2.17 m³ de descarga de aguas residuales por vehículo producido. Por lo tanto, es posible establecer que las empresas automotrices ubicadas en México,

Estados Unidos y Canadá son las que tienen los niveles más bajos en la descarga de aguas residuales de todo el Corporativo Nissan, lo cual indica que son cientos de millones de m³ de aguas residuales que no tienen como destino los arroyos y ríos de los países de América del Norte.

Gráfico 85. Mejoras en el ciclo de vida de los modelos más vendidos X-Trail y Rogue.



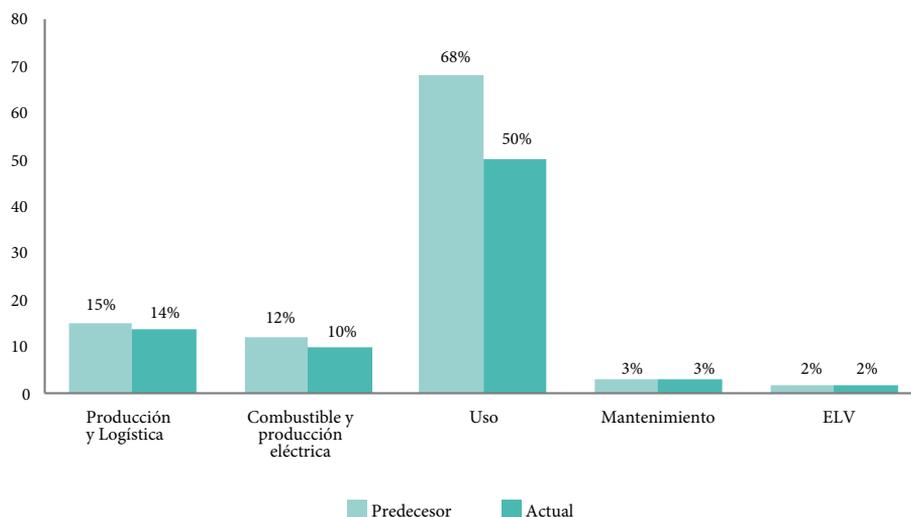
Fuente: Corporativo Nissan.

El gráfico 85 establece las mejoras en el ciclo de vida de los dos modelos de mayores ventas (X-Trail y Rogue) del Corporativo Nissan. Se puede observar que tanto la nueva X-Trail como el nuevo Rogue, tienen un mayor nivel de producción y logística, así como una mayor eficiencia y ahorro en el combustible y producción eléctrica, al igual que en el uso de estos, pero son iguales en cuanto a su mantenimiento y el final de su vida útil (ELV). Asimismo, esta información permite establecer que, en los dos modelos más vendidos del Corporativo Nissan, los modelos nuevos tienen mejoras significativas ante los modelos anteriores a 2017, ya que reducen significativamente los niveles de contaminación medioambiental con partículas de CO₂, pues cuentan con una mayor eficiencia en los combustibles y en el uso de estos. Además, la reducción sustancial de los costos totales de producción y logística también reduce las emisiones de contaminantes de las plantas de producción donde se fabrican estos dos modelos de vehículos.

Con respecto a las mejoras en el ciclo de vida del modelo de lujo Altima, que se fabrican en las distintas plantas del Corporativo Nissan, el gráfico 86 indica que el modelo Altima 2017 tenía menores costos de producción y logística

que el modelo anterior, así como una mayor eficiencia en el consumo de combustibles y producción eléctrica, al igual que el uso del vehículo, pero tenía los mismos costos de mantenimiento y el mismo ciclo de vida útil (ELV). Además, esta información permite establecer que las distintas acciones emprendidas por el Corporativo Nissan para mejorar y reducir los niveles de contaminación medioambiental, se aplican en la totalidad de sus plantas automotrices alrededor del mundo y en todos los modelos de vehículos que se fabrican, ya que aun en los vehículos de lujo o alta gama, como es el caso del modelo Altima, también se integra la tecnología más moderna que permita la reducción significativa de las emisiones de CO₂ que contaminan el medioambiente.

Gráfico 86. Mejoras en el ciclo de vida del modelo de lujo Altima.



Fuente: Corporativo Nissan.

Los gráficos anteriores muestran que el Corporativo Nissan efectivamente está implementando las distintas actividades que integran a la economía circular, sobre todo las 3R's (reducir, rehusar y reciclar), prueba de ello es no solo la cantidad de materiales y materias primas que se han reciclado y rehusado en los procesos de producción, sino también, quizás lo más importante, la reducción significativa del consumo del agua potable en la producción de cada uno de los vehículos y, con ello la reducción de las descargas de aguas residuales a

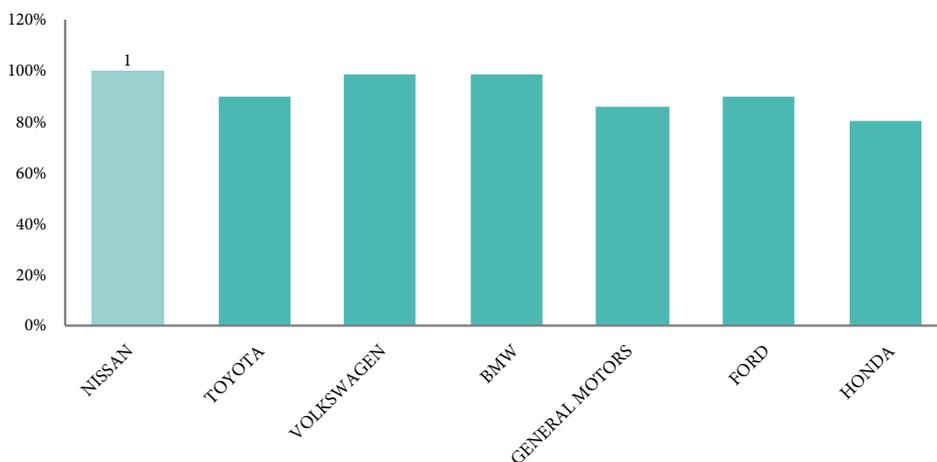
los ríos y arroyos mejorando con ello el medioambiente y el nivel del desarrollo sustentable global. Asimismo, el Corporativo Nissan también está incorporando en los vehículos nuevos la tecnología más moderna que les permita una mayor eficiencia en el uso de los combustibles fósiles que utilizan y, por supuesto, una reducción significativa de las emisiones de CO₂ al medioambiente de las distintas localidades alrededor del mundo donde se ubican.

Nissan mexicana

Nissan tiene un poco más de cuatro décadas fabricando automóviles en el mercado mexicano. Es una de las principales empresas automotrices que aportan un porcentaje esencial al PIB nacional, genera miles de empleos y alrededor de ella se mueven infinidad de pequeñas, medianas y grandes empresas que participan en su cadena de proveeduría. Además, como parte del Corporativo Nissan, Nissan mexicana no está exenta de la implementación de las distintas actividades que integran a la economía circular en la totalidad de las plantas que se encuentran ubicadas en el territorio nacional, lo cual la ha posicionado como una de las primeras empresas automotrices, y de cualquier otro sector e industria, en la adopción y aplicación de la economía circular en México, sobre todo de la implementación en la totalidad de sus procesos productivos de las 3R's (reducir, rehusar y reciclar). En los gráficos y figuras que se presentan a continuación se aprecia mejor la adopción e implementación de las actividades de la economía circular por parte de Nissan mexicana.

El gráfico 87 muestra que Nissan mexicana recicla el 100 % de los residuos sólidos industriales que genera. Estas actividades las ha estado realizando prácticamente en los últimos cuatro años, lo cual la posiciona entre las mejores plantas automotrices del Corporativo Nissan a nivel mundial. Se consideran, junto a las plantas que se ubican en Japón, como las únicas plantas automotrices del Corporativo Nissan (37 plantas automotrices en todo el mundo) que reciclan el 100 % de los residuos sólidos que genera (Nissan Motor Corporation, 2018). Además, Nissan mexicana en sus tres plantas ubicadas en el territorio nacional es la única empresa de la industria automotriz en México que recicla el 100 % de la totalidad de los residuos sólidos industriales que genera, lo cual permite establecer que Nissan mexicana no genera desechos que tienen como destino los vertederos municipales, mejorando con este tipo de actividades el nivel del medioambiente y del desarrollo sustentable del país.

Gráfico 87. Residuos sólidos industriales reutilizados por Nissan mexicana.



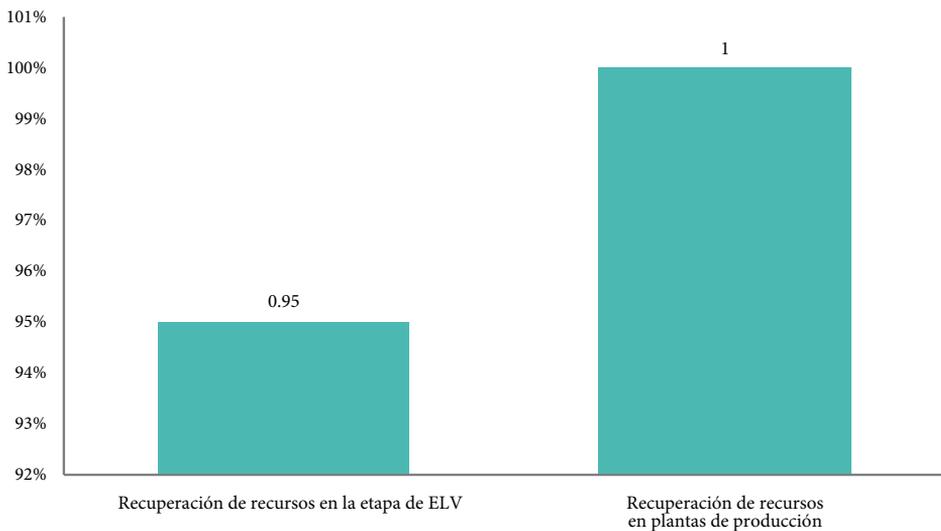
Fuente: Elaboración propia con datos de las empresas armadoras de automóviles.

Además, Nissan mexicana implementa actualmente nuevas técnicas de reciclaje de sus residuos sólidos industriales, como es el caso de la recuperación térmica de la energía de los residuos con alto poder calórico, al recuperar en un elevado porcentaje la energía contenida en las natas de pintura, así como la implementación de actividades que permiten sustituir los distintos empaques y embalajes que utilizan materiales desechables por aquellos que utilizan materiales reciclables. También, los directivos de las tres plantas de Nissan mexicana están diseñando e implementando una serie de cursos de entrenamiento para la totalidad del personal de la organización, con la finalidad de reforzar la cultura del reciclaje existente en las tres plantas automotrices, sobre todo, para el manejo correcto y eficiente en la gestión de residuos peligrosos, el correcto reciclaje de los materiales especiales, la reducción de los residuos sólidos en la totalidad de la planta y la mejora de los niveles medioambientales y del desarrollo sustentable.

El gráfico 88 revela el reciclaje de materiales y materias primas que realiza Nissan mexicana. Se puede observar que las tres plantas ubicadas en el país tienen una recuperación del 95 % de los recursos en la etapa de la vida útil de los vehículos (ELV), lo cual significa que se recuperan y se reutilizan materiales como plásticos para carrocerías, algunas autopartes de los vehículos y los asien-

tos. Adicionalmente, el gráfico también indica que Nissan mexicana recupera el 100 % de los recursos en las tres plantas dentro del proceso de manufactura, recuperando esencialmente los plásticos, metales, cartón, desechos propios de las actividades administrativas como el papel, los residuos de las oficinas administrativas y los desperdicios orgánicos, lo cual reduce prácticamente a cero los desechos que tienen como destino los vertederos municipales evitando con este tipo de acciones el deterioro medioambiental.

Gráfico 88. Reciclaje de materiales y materias primas por Nissan mexicana.



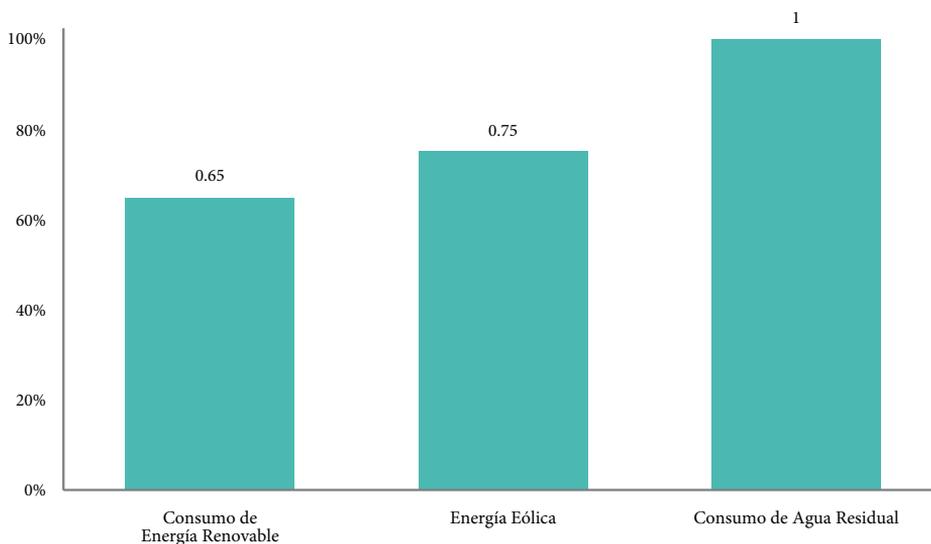
Fuente: Elaboración propia con datos de las empresas armadoras de automóviles.

Además, dentro de las políticas de Nissan mexicana en sus tres plantas automotrices establecidas en el territorio mexicano, se establece la prohibición total del uso de envolturas metálicas y de recipientes de unisel, lo cual ha permitido no solamente la eliminación total de los residuos sólidos de bajo nivel de valor para la organización —los cuales tienen efectos negativos en el medioambiente a través de la contaminación del suelo por el largo período de tiempo que tardan en degradarse—, sino también contribuir significativamente en la reducción de la emisión de CO₂ y otros contaminantes peligrosos al medioambiente, ríos y arroyos de las localidades donde se encuentran ubi-

cadadas las plantas, generando con este tipo de acciones una sociedad más saludable y cumpliendo con la responsabilidad social de la organización.

El gráfico 89 presenta el porcentaje de energías renovables utilizadas por Nissan mexicana. Se observa que del total de la energía que utiliza, el 65 % del consumo es de fuentes renovables, y de esta cantidad total de energía renovable, el 75 % proviene de la energía eólica, además de que utiliza el 100 % de sus aguas residuales en los procesos productivos y de gestión. Asimismo, la utilización de energías renovables en los procesos de producción y de gestión de las tres plantas de Nissan mexicana, no necesariamente significa que la organización la produzca, para ello cuenta con proveedores de energías limpias a nivel nacional, tal es el caso de la energía eólica que es suministrada por la empresa ENEL establecida en el estado de Oaxaca, quien es una de las principales empresas generadoras de energía eólica en el país y el principal proveedor de energía para Nissan mexicana.

Gráfico 89. Energías renovables utilizadas por Nissan mexicana.



Fuente: Elaboración propia con datos de las empresas armadoras de automóviles.

Adicionalmente, la utilización del 75 % de energía eólica ha permitido que Nissan mexicana reduzca significativamente el consumo de combustibles fósiles en la fabricación de vehículos y la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera. De acuerdo con datos del Balance Nacional de Energía (Automotores Informa, 2019), el 75 % del uso de energía eólica por parte de Nissan mexicana equivale a:

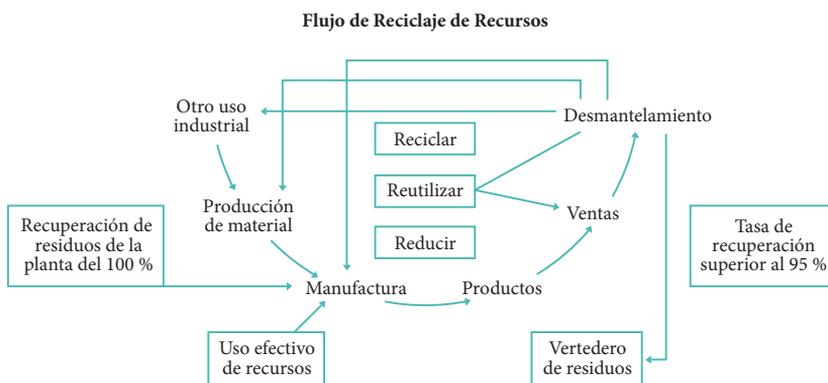
- Dejar de utilizar 19,2 millones de litros de diésel al año para generar la misma cantidad de energía.
- Capacidad de absorción de aproximadamente 34.8 millones de árboles.
- Consumo anual de electricidad de 133 000 hogares mexicanos (de cuatro personas por hogar en promedio).
- 63 500 toneladas de CO₂ evitadas anualmente.

Asimismo, NGP 2016 estableció, como un compromiso de Nissan mexicana, incrementar las fuentes de energía renovables para alcanzar la meta del 50 % de los requerimientos de energía eléctrica en sus procesos de producción en las dos plantas automotrices establecidas en el estado de Aguascalientes, y con el apoyo total de uno de sus principales socios estratégicos (la empresa Ener-G), generó 9.3 gigavatios de energía limpia a través del uso del biogás como una fuente sostenible de energía renovable, lo cual representó alrededor del 5 % del total del consumo de energía anual de las dos plantas ubicadas en Aguascalientes (Nissan Motor Corporation, 2018). Además, una de las plantas automotrices de Nissan mexicana ubicada en Aguascalientes tiene en operación una planta tratadora de aguas residuales que tiene cero descargas de este tipo de aguas al drenaje público desde el año 1992 (Nissan Motor Corporation, 2018).

La operación de la planta tratadora de aguas residuales en la planta A1 de Nissan mexicana ha evitado la utilización de un poco más de 750 m³ de agua potable por día, mismos que son reutilizados tanto para el riego de las áreas verdes como para los procesos productivos, lo cual significa que esta planta automotriz reusa y trata el 100 % de sus aguas residuales (Nissan Motor Corporation, 2018). Además, de acuerdo con Automotores Informa (2019), el consumo de agua de lluvia en la planta A2 de Nissan mexicana también ubicada en Aguascalientes, ha evitado el consumo de un poco más de 56 000 m³ de agua potable. Lo cual equivale esencialmente al 20 % del consumo anual de agua de la planta A2, cuya recolección y reutilización en las torres de enfriamiento con-

tribuye al aprovechamiento total de este recurso, mejorando con este tipo de acciones el medioambiente y el desarrollo sustentable.

Figura 30. Iniciativas ambientales de Nissan mexicana.



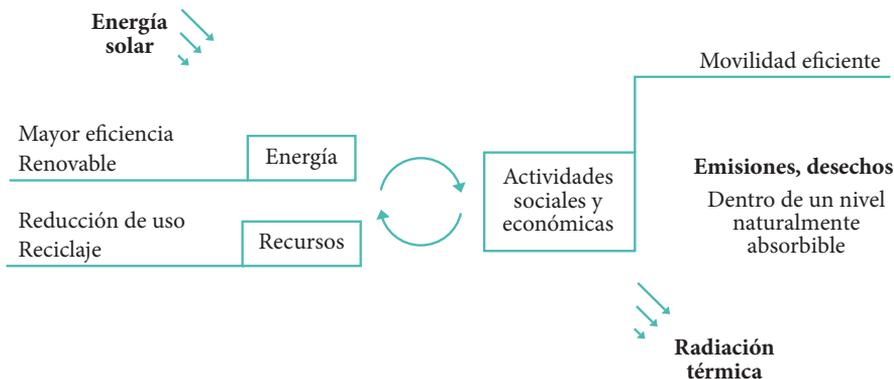
Fuente: Adaptado de Nissan Motors Corporation.

La figura 30 muestra las diversas iniciativas medioambientales adoptadas e implementadas por Nissan mexicana. Se puede observar que las 3R's (reducir, reutilizar y reciclar) juegan un papel esencial en todas las iniciativas ambientales, ya que los materiales y materias requeridos para la producción de vehículos, la manufactura de estos (efectividad del uso de los recursos), los vehículos terminados, las ventas de ellos, la recuperación de los materiales y reducción de residuos sólidos industriales están prácticamente integrados a las actividades de las 3R's. Además, las cuatro generaciones del *Nissan Green Plan* que se han implementado en las plantas de Nissan mexicana ubicadas en el territorio nacional fueron la base para la elaboración de las iniciativas ambientales, las cuales están totalmente orientadas en la mejora del cambio climático, la calidad del aire y la escasez del agua; cuyos objetivos e iniciativas claves incluyen entre otros elementos a los siguientes (Global Newsroom, 2018):

- Disminuir las emisiones de CO₂ de los nuevos vehículos en un 40 % para el año 2022 comparado con el año 2000, lograr en parte un aumento en la electrificación del vehículo.

- Disminución de las emisiones de CO₂ de la producción y las actividades corporativas en un 30 % para el año fiscal 2022, en comparación con los niveles del año fiscal 2005, logrado en parte por las actividades de NESCO (Nissan Energy Saving Collaboration) lideradas por expertos mundiales.
- Reducir el uso de nuevos materiales en un 70 % para el año fiscal 2022, lográndose en parte a través de la promoción de la economía circular de las baterías de iones de litio recicladas y reutilizadas en los vehículos eléctricos.
- Reducción de compuestos orgánicos volátiles en procesos de producción de vehículos.
- Reducir la ingesta de agua por unidad en la producción mundial en un 21 % para el año fiscal 2022, en comparación con el año fiscal 2010.
- Reducir otras emisiones (para proteger la atmósfera, el agua y el suelo).
- Reducir recursos (reducir, reutilizar, reciclar).

Figura 31. Planes de acción medioambientales de Nissan mexicana.

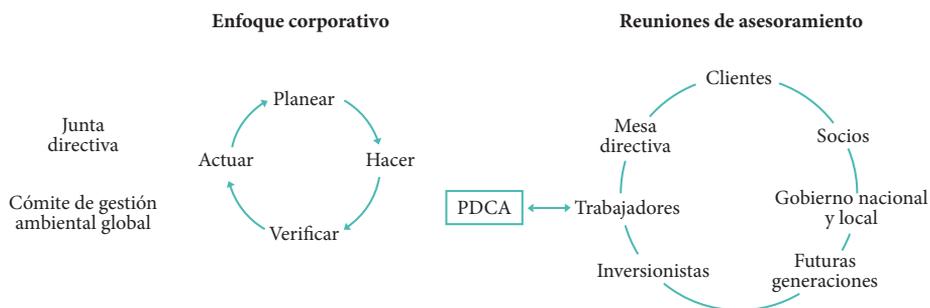


Fuente: Adaptado de Nissan Motors Corporation.

La figura 31 indica los distintos planes de acción medioambientales de Nissan mexicana. Se observan tres grandes ejes de acción: energía, recursos y actividades sociales y económicas. Para lograr estas tres ramas de acciones sustanciales se tienen una serie de planes en cada una de ellas, de tal manera que se genere una menor radiación solar en el planeta. Asimismo, estos planes

y acciones están articulados para dar cumplimiento a la promesa de la filosofía medioambiental de Nissan mexicana «una simbiosis de personas, vehículos y naturaleza», por lo cual la compañía continúa en el camino correcto para cumplir con su objetivo final de reducir significativamente el nivel de dependencia ambiental y el impacto a niveles que la naturaleza los pueda absorber, a través de cuatro iniciativas esenciales: 1) penetración de vehículos con cero emisiones; 2) expansión de vehículos de bajo consumo de combustible; 3) minimización de la huella de carbono corporativa, y 4) minimización del uso de recursos naturales.

Figura 32. Gobernanza medioambiental de Nissan mexicana.



Fuente: Adaptado de Nissan Motors Corporation.

La figura 32 muestra la gobernanza medioambiental implementada en Nissan mexicana, y se puede observar la integración de un Comité de Gestión Medioambiental Global, el cual tiene una presencia en la totalidad de las plantas automotrices del Corporativo Nissan, y el desarrollo de una serie de estrategias organizacionales que se implementan a través de la promoción de una gobernanza sólida por parte de los comités globales y regionales. Además, los ejecutivos de las tres plantas automotrices que integran Nissan mexicana se reúnen regularmente para analizar y discutir los alcances que tienen los distintos planes de acción que se están implementando en la organización, los distintos riesgos que se correrían con la utilización de los materiales emergentes y las oportunidades corporativas que deberán adoptarse e implementarse en planes futuros, tanto de Nissan mexicana como del Corporativo Nissan a nivel global.

La figura 33 muestra las distintas actividades corporativas que está implementando actualmente Nissan mexicana. Se puede observar la relevancia de las actividades tanto para la organización como para sus principales socios comerciales. Asimismo, la industria automotriz en México tiene una serie de regulaciones y estándares medioambientales que tiene que cumplir, las cuales incluyen (entre las más importantes) la eficiencia de los combustibles, la disminución del uso de energía, ruido, materiales, agua, sustancias químicas, desechos industriales; y el incremento del reciclaje de los residuos sólidos industriales. Sin embargo, estas regulaciones y estándares cada año se vuelven mucho más estrictos, así como las necesidades de los consumidores de tener vehículos con un mayor desempeño medioambiental, por lo cual Nissan mexicana tiene que estar adecuando sus políticas y objetivos para resolver, de manera prioritaria, este tipo de situaciones e incorporarlos a su estrategia ambiental.

Figura 33. Actividades corporativas de Nissan mexicana.

Relevancias de Nissan

	Alto (área comercial limitada)	Muy alto (beneficio limitado / volumen de ventas)	Extremadamente alto (paradas de negocio)
Relevancias de los interesados	Extremadamente alto	<ul style="list-style-type: none"> -Electrificación -Eficiencia de energía -Calidad del aire -Bienestar del ser humano 	<ul style="list-style-type: none"> -Cambio climático -Economía de combustible
	Muy alto	<ul style="list-style-type: none"> -Abastecimiento de material -Energía renovable -Seguridad y salud ocupacional -Compromiso de las partes interesadas -Desperdicio del agua -Emisiones en las instalaciones -Sustancias químicas -Reducir, reusar, reciclar -Eficiencia de recursos 	<ul style="list-style-type: none"> -Uso del agua -Movilidad como servicio -Gobernanza
	Alto	<ul style="list-style-type: none"> -Ecosistema 	

Fuente: Nissan Motors Corporation.

2. La economía circular en Toyota

Toyota es una de las nuevas empresas de la industria automotriz que tiene relativamente pocos años de haberse instalado y puesto en operación sus plantas automotrices en México. Dentro de su filosofía empresarial se encuentra el cuidado y la protección del medioambiente y el desarrollo sustentable, para lo cual la adopción e implementación de las distintas actividades que conlleva la economía circular forman parte de sus actividades cotidianas. Además, Toyota al ser una empresa de origen japonés, tiene una filosofía de trabajo centrada prácticamente en la calidad total y la mejora continua en todos sus procesos, por lo cual la adopción e implementación de las distintas actividades de la economía circular son consideradas como uno de los pilares centrales de la filosofía empresarial de Toyota. Dicha filosofía se implementa no solamente en las diferentes plantas automotrices ubicadas en el territorio de México, sino en la totalidad de sus plantas ubicadas alrededor del mundo, lo cual le proporciona una diferenciación en su sistema de producción de las demás empresas manufactureras de la industria automotriz.

Asimismo, es importante establecer que la búsqueda de información de la implementación de las actividades de la economía circular en Toyota se centró tanto en la información contenida en su página web, así como en algunas revistas especializadas en la industria automotriz. De igual manera, se localizó bastante información referente a la adopción e implementación de las actividades de la economía circular en sus plantas establecidas en México, lo cual permitirá contrastar aquellas actividades que se implementan a nivel global y las que se desarrollan en México. Por lo cual, para que el lector de esta obra tenga un panorama general de la implementación de las actividades de la economía circular en la totalidad del Corporativo Toyota y aquellas actividades de la economía circular que se están implementando en las plantas automotrices ubicadas en México, se analizará, en primer lugar, la información general del Corporativo Toyota Global y, en segundo lugar, exclusivamente la información referente a las plantas automotrices de Toyota México.

Adicionalmente, en los siguientes apartados se presentará aquella información que está estrechamente relacionada con las actividades de la economía circular, separando, como ya se comentó, la información del Corporativo Toyota y de Toyota México. Además, se analizará detalladamente la información que se presente en los gráficos, tablas y figuras tratando de explicar, de

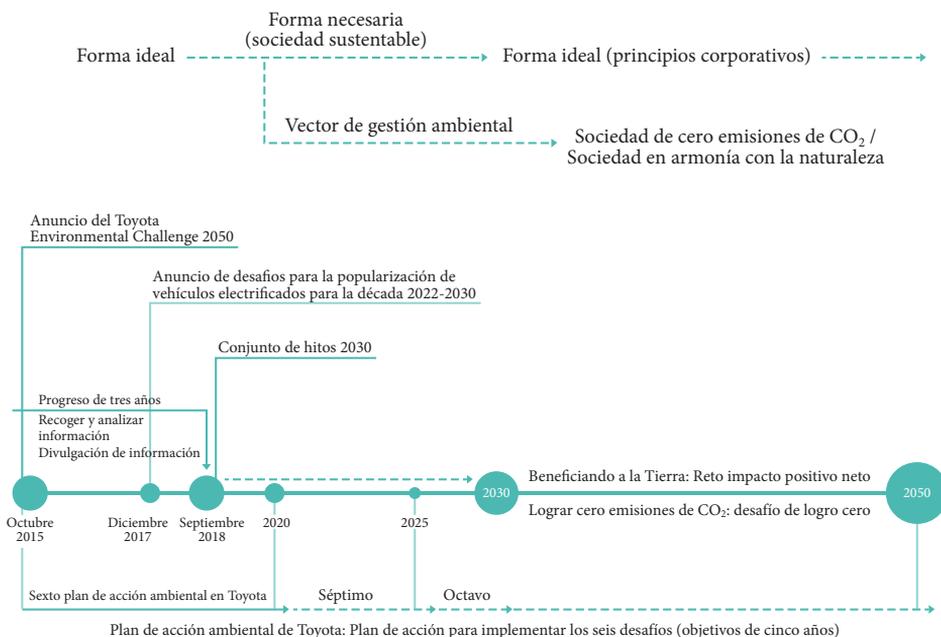
la forma más sencilla posible, para que el lector de este libro comprenda mejor la importancia que tienen las distintas actividades de la economía circular, tanto para la reducción del nivel de contaminación y mejora significativa del medioambiente de las localidades donde se ubican las plantas armadoras de vehículos como para la reducción del nivel del cambio climático en beneficio de la sociedad en general.

Corporativo Toyota Global

La adopción e implementación del modelo de la economía circular representa una oportunidad para transitar de un modelo de economía lineal tradicional basada en hacer, consumir y desechar, a un nuevo modelo de economía circular que impulsa la eficiencia en la utilización de los recursos, la reducción del uso de materiales, materias vírgenes y de energía, la utilización de energías renovables, la disminución en la generación de residuos sólidos industriales, así como el reciclaje y reúso de ellos en la producción de nuevos productos o la remanufactura de productos. Por ello, no es de extrañar que el Corporativo Toyota haya tomado la decisión de adoptar e implementar las actividades de la economía circular, porque este tipo de actividades tiene una estrecha relación con la filosofía de la empresa. En las figuras, gráficos y tablas que se presentan a continuación se aprecia mejor la adopción e implementación de las actividades de la economía circular por parte del Corporativo Toyota Global.

La figura 34 muestra el plan de acción ambiental implementado por el Corporativo Toyota. En ella, se observan las distintas acciones que se están implementando para lograr los objetivos y metas que se establecieron, tanto para el año 2030 como para el año 2050. Además, los objetivos para ambos años son la generación de una sociedad más sustentable, una sociedad de cero emisiones de CO₂ y una sociedad en armonía con la naturaleza. Para lograr estos objetivos el Corporativo Toyota tiene como una meta prioritaria la fabricación y popularización de vehículos eléctricos para la década 2020-2030, lo cual permitirá que la totalidad de las plantas automotrices del Corporativo Toyota ubicadas alrededor del mundo estén comprometidas en incrementar significativamente la fabricación de vehículos eléctricos, no solamente para cumplir con sus objetivos y metas del Plan de Acción, sino también para contribuir al logro de una sociedad con un mayor desarrollo sustentable y un mejor nivel medioambiental.

Figura 34. Plan de acción ambiental del Corporativo Toyota.



Fuente: Toyota Motors Corporation.

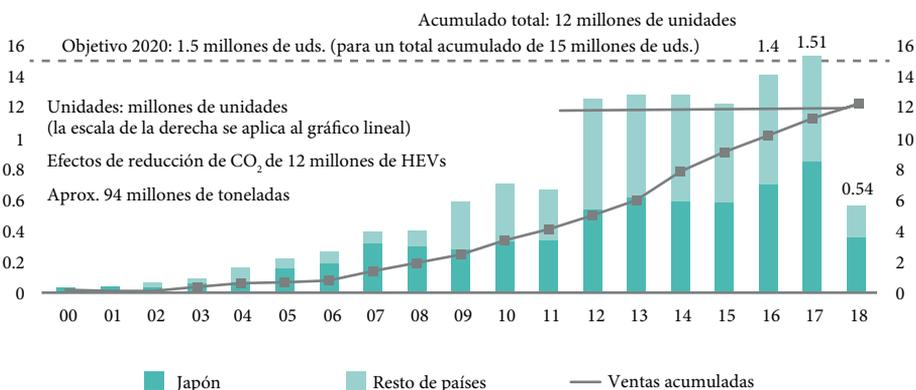
La figura 35 muestra el desafío ambiental del Corporativo Toyota para 2050. Se pueden observar los seis desafíos esenciales que enfrentará la organización para lograr sus objetivos y metas. El primero es la reducción de las emisiones globales de CO₂ en un 90 % en los vehículos nuevos a partir del nivel global Toyota 2010, lo cual requerirá el aumento de la producción de vehículos híbridos y eléctricos. El segundo es la eliminación de todas las emisiones de CO₂ del ciclo de vida de los vehículos. El tercero es lograr cero emisiones de CO₂ en todas las plantas automotrices del Corporativo Toyota para 2050. El cuarto es la minimización del uso del agua y las descargas de aguas residuales según las condiciones locales. El quinto desafío es promover el despliegue global de tecnologías y sistemas de tratamiento y reciclaje de vehículos al final de su vida útil desarrollados en Japón. Por último, el sexto desafío es conectar las actividades de conservación de la naturaleza más allá del Grupo Toyota y sus socios comerciales entre las comunidades, con el mundo, hacia el futuro.

Figura 35. Desafío ambiental del Corporativo Toyota 2050.

<p>Challenge 1 Vehículos de emisión cero CO₂</p>	<p>Reducir las emisiones globales promedio de CO₂ durante la operación de vehículos nuevos en un 90% desde el nivel global de Toyota en 2010</p> <p>Actividades</p> <ul style="list-style-type: none"> -Acelerar el uso generalizado de vehículos de próxima generación para ahorrar energía y responder a una amplia gama de combustibles. -Acelerar la expansión global de vehículos híbridos y vehículos híbridos enchufables. -Acelerar el uso generalizado de celdas de combustible, electricidad y otros ZEV*. <p>*ZEV: (Vehículo de emisión cero): Vehículos que no emiten CO₂ durante la operación.</p>
<p>Challenge 2 Ciclo de vida cero CO₂</p>	<p>Eliminar por completo todas las emisiones de CO₂ del ciclo de vida completo del vehículo</p> <p>Actividades</p> <ul style="list-style-type: none"> -Reducir las emisiones de CO₂ a lo largo de todo el ciclo de vida del vehículo, desde la producción de materiales, la fabricación de piezas y vehículos hasta la etapa de conducción y eliminación. -Reducir las emisiones de CO₂ durante la producción de materiales desarrollando y ampliando el uso de materiales con bajas emisiones. -Promover acciones ecológicas a través del uso más amplio de materiales reciclados.
<p>Challenge 3 Planta cero CO₂</p>	<p>Lograr cero emisiones de CO₂ en todas las plantas para 2050</p> <p>Actividades</p> <ul style="list-style-type: none"> -En todas las plantas de producción, desarrollar y adoptar tecnologías bajas en CO₂ e implementar Kaizen diariamente, mientras se promueve el uso de energía renovable e hidrógeno. -Reducir las emisiones de CO₂ por unidad en plantas recién establecidas a un tercio para 2030 (en comparación con 2001) simplificando y racionalizando los procesos de producción y tomando medidas innovadoras de ahorro de energía. -Adoptar energías renovables en las plantas, incluido el uso de energía eólica producida en el sitio en nuestra planta de Tahara alrededor de 2020.
<p>Challenge 4 Minimizar y optimizar el uso del agua</p>	<p>Minimizar el uso del agua e implementar la gestión de descargas de agua según las condiciones locales individuales</p> <p>Actividades</p> <ul style="list-style-type: none"> -Promover actividades desde las dos perspectivas del volumen y la calidad del agua. -Reducir el uso de agua en los procesos de producción existentes, así como la introducción de tecnologías que reducen el uso del agua industrial a través del uso de agua de lluvia y mejoran las tasas de reciclaje de agua. -Administrar la calidad de la descarga de agua al cumplir con estándares estrictos, mejorando el medio ambiente local devolviendo agua limpia para la naturaleza.
<p>Challenge 5 Establecimiento de una sociedad y sistemas basados en el reciclaje</p>	<p>Promover el despliegue global de tecnologías y sistemas de tratamiento y reciclaje de vehículos al final de su vida útil desarrollados en Japón</p> <p>Actividades</p> <ul style="list-style-type: none"> -Establecer una sociedad basada en el reciclaje con cuatro características clave: utilizar materiales ecológicos; usar autopartes por más tiempo; desarrollar tecnologías de reciclaje; y fabricar vehículos a partir de vehículos al final de su vida útil. Dos proyectos globales comenzaron en 2016: <ul style="list-style-type: none"> -Proyecto Toyota Global 100 Dismantlers* -Proyecto de reciclaje Toyota Global Car-to-Car <p>*Desmanteladores: operadores de negocios de desmantelamiento automático</p>
<p>Challenge 6 Establecer una sociedad futura en armonía con la naturaleza</p>	<p>Conecte las actividades de conservación de la naturaleza más allá del Grupo Toyota y sus socios comerciales entre las comunidades, con el mundo, hacia el futuro</p> <p>Actividades</p> <p>Mejorar las actividades de conservación de la naturaleza de Toyota en las áreas de fomento de la naturaleza, subvenciones ambientales y educación ambiental. Desarrollar tres proyectos de "conexión" iniciados en 2016, compartiendo nuestros conocimientos y experiencias ambientales:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Conectando comunidades: Proyecto Toyota Gren Wave -Conectando con el mundo: Proyecto Toyota Hoy para el Mañana -Conectando con el futuro: Toyota ES* Proyecto <p>*ESD: Educación para el Desarrollo Sostenible</p>

Fuente: Toyota Motors Corporation.

Gráfico 90. Ventas anuales HEV y ventas acumuladas globales.

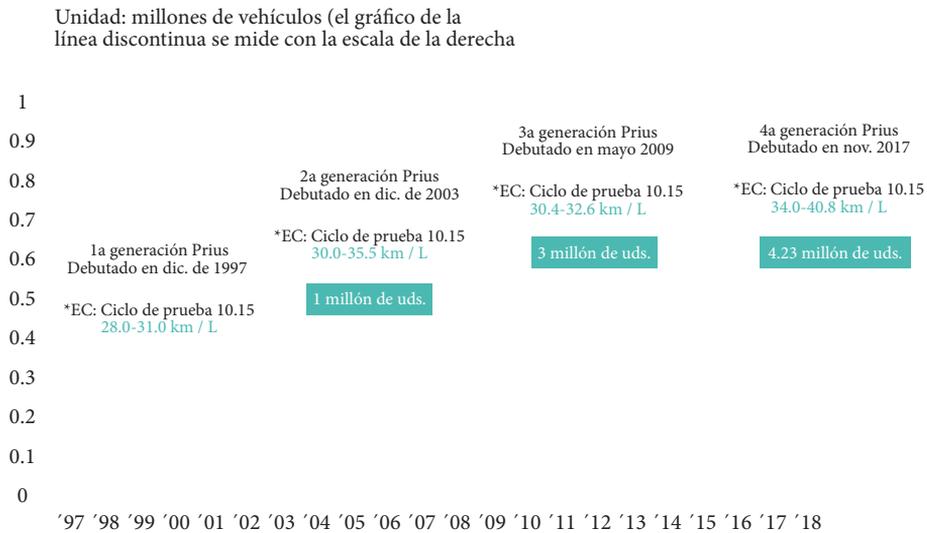


Fuente: Toyota Motors Corporation.

El gráfico 90 indica las ventas anuales de los vehículos híbridos (HEV) y las ventas acumuladas globales del Corporativo Toyota. Se observa que la producción de vehículos híbridos para el año 2017 fue de 1,51 millones de los cuales alrededor de la mitad de ellos se produjeron en las plantas de Toyota ubicadas en Japón y el restante 50 % se produjo en las distintas plantas ubicadas alrededor del mundo. Además, con la producción de vehículos híbridos en el año 2018 el Corporativo Toyota tendrá un acumulado de aproximadamente 12 millones de vehículos producidos, lo cual reducirá en aproximadamente 94 millones de toneladas las emisiones de CO₂ que tengan como destino el medioambiente, mejorando con este tipo de acciones tanto el nivel del medioambiente como el desarrollo sustentable global.

Con respecto al nivel de ventas, en el gráfico anterior también se puede observar la existencia de una tendencia creciente de las ventas anuales de los vehículos híbridos, así como de las ventas acumuladas globales, lo cual indica la existencia de una demanda cada vez mayor por parte de los consumidores de vehículos híbridos que tienen una mayor eficiencia en el uso de combustible y generan menores niveles de contaminación ambiental. Además, el objetivo esencial de las ventas del Corporativo Toyota para este año 2020 es la venta de 1,5 millones de vehículos híbridos en el mercado mundial, lo cual le permitiría cumplir las metas establecidas en su plan de acción y dar un paso fundamental en las metas para el año 2050.

Figura 36. Volumen de ventas acumuladas del modelo Prius.



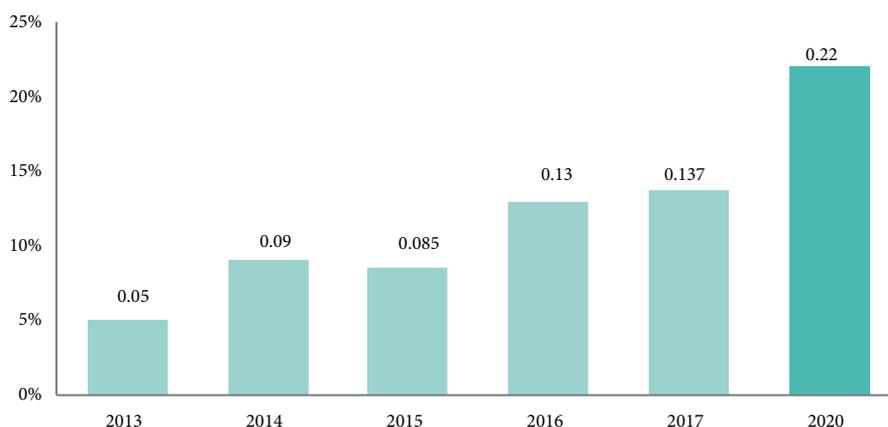
Fuente: Toyota Motors Corporation.

La figura 36 indica el volumen de ventas acumuladas del modelo Prius del Corporativo Toyota. Se puede observar la evolución en la mejora del rendimiento del combustible en cada una de las cuatro generaciones del modelo Prius, así como el incremento en las ventas acumuladas globales al pasar de 1 millón de unidades registradas en la 2ª generación, a 3 millones de unidades para la 3ª generación y a 4,23 millones de unidades en la 4ª generación. Este incremento importante en las ventas del modelo Prius, el cual es un vehículo híbrido, muestra que las actividades de la economía circular sí se están implementando en el Corporativo Toyota, ya que el aumento en la producción de vehículos híbridos, como es el caso del modelo Prius —que es el más vendido del Corporativo Toyota—, permite una disminución significativa de la emisión de contaminantes de CO₂ a la atmósfera, mejorando con ello el medioambiente y el desarrollo sustentable global.

El gráfico 91 muestra el promedio global de las emisiones de CO₂ de los vehículos nuevos del Corporativo Toyota. Se observa una reducción significativa en la emisión de contaminantes de CO₂ en los vehículos nuevos (con excepción del año 2015) al pasar de 5 % en el año 2013 a 9 % en el año 2014, reduciéndose

esa cantidad en 8.5 % en el año 2015, pero aumentando en el año 2016 a 13 % y al 13.7 % para el año 2017. Además, para finales de este año 2020 se espera que los vehículos nuevos del Corporativo Toyota registren una disminución en las emisiones de CO₂ del 22 %, lo cual permitirá una reducción significativa de miles de toneladas de CO₂ que dejarán de emitirse al medioambiente global, mejorando con ello no solamente el nivel del medioambiente y el desarrollo sustentable global, sino también la reducción sustancial del uso de combustibles fósiles para la fabricación de automóviles en las plantas del Corporativo Toyota ubicadas alrededor del mundo.

Gráfico 91. Promedio global de la reducción de emisiones de CO₂ en vehículos nuevos.

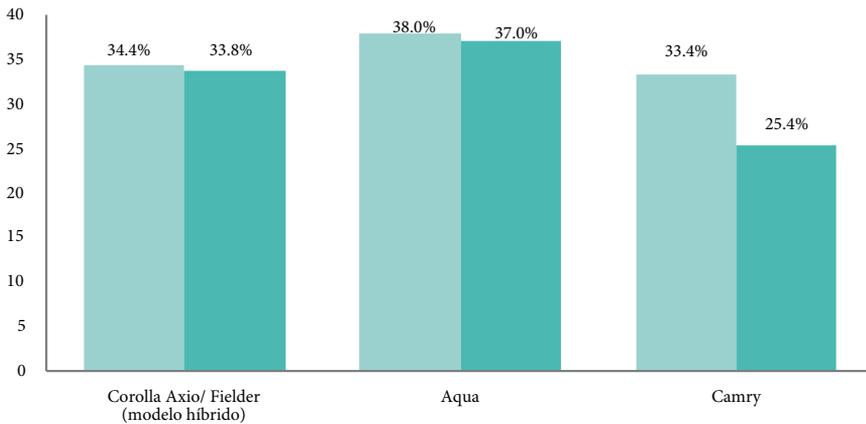


Fuente: Toyota Motors Corporation.

El gráfico 92 establece la comparación de la eficiencia de combustible entre los modelos nuevos y los modelos antiguos que se produjeron en el año 2018 en las plantas automotrices ubicadas en Japón. Se puede observar en los tres modelos de los vehículos (Corolla, Aqua y Camry) nuevos tienen una mejor eficiencia de los combustibles que los modelos anteriores. En el caso del modelo Aqua, el modelo nuevo registró un 38 % de eficiencia en el combustible y el modelo antiguo tenía una eficiencia del 37 % del combustible. Sin embargo, el modelo Camry es el que registró un mayor incremento en la eficiencia de combustible al registrar el modelo nuevo un 33.4 % de eficiencia y el modelo antiguo tenía una eficiencia del 25.4 %, lo cual significa un aumento del 8 % de

la eficiencia del combustible. Esto permite establecer la incorporación de tecnología avanzada en el modelo Camry y un cambio trascendental en el diseño del motor, lo que contribuye al logro de los objetivos y metas establecidas por el Corporativo Toyota para mejorar significativamente el nivel del medioambiente y el desarrollo sustentable.

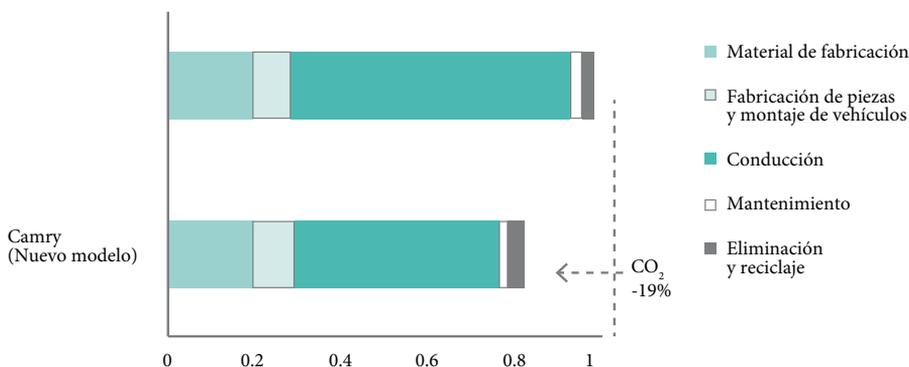
Gráfico 92. Comparación de eficiencia de combustible entre los modelos nuevos y los modelos antiguos presentados en 2018 en Japón.



Fuente: Toyota Motors Corporation.

El gráfico 93 ilustra los resultados de la reducción de CO₂ en la producción del nuevo modelo Camry. Se puede observar que el nuevo modelo Camry utiliza la misma cantidad de material de fabricación y piezas de montaje, existe una disminución en la eficiencia del combustible en la conducción del vehículo así como en su mantenimiento, pero la parte esencial del nuevo modelo Camry es la eliminación de residuos sólidos y el reciclaje de los vehículos al término de su vida útil, lo cual permite no solamente un ahorro importante de energía para su fabricación, sino también una disminución de alrededor del 19 % de emisiones de CO₂ con respecto al modelo anterior. Esto ha convertido al nuevo modelo Camry en uno de los vehículos de mayor nivel de producción y ventas a nivel mundial del Corporativo Toyota, el cual se fabrica en la mayoría de sus plantas automotrices ubicadas alrededor del mundo.

Gráfico 93. Resultados de la reducción de CO₂ en la producción del nuevo modelo Camry.



Fuente: Toyota Motors Corporation.

Tabla 9. Resultados de las iniciativas de TMC Kaizen para reducir las emisiones de CO₂.

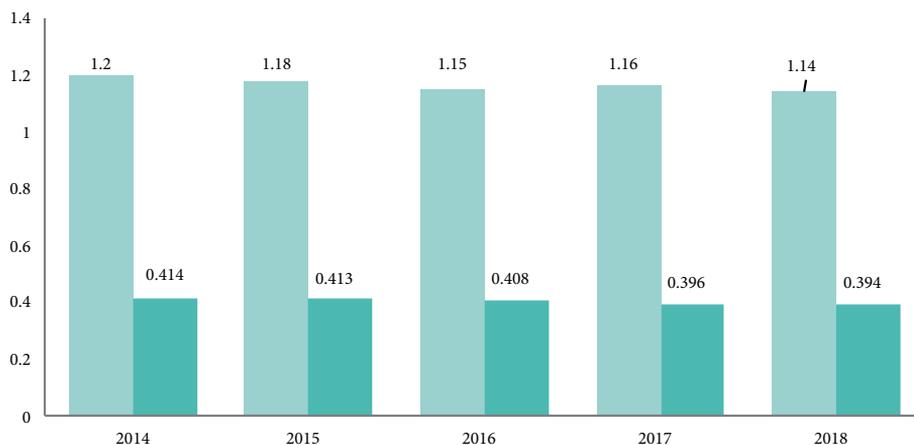
Productos	Principales actividades Kaizen	Volumen reducido (miles de toneladas)
Vehículos terminados	Las distancias de transporte disminuyeron como resultado del mayor uso del transporte marítimo y la revisión de los sitios de producción.	2.4
Partes de producción	Producción de piezas: expansión del ferrocarril para el transporte de las piezas.	3.1
Partes de servicio	Piezas de servicio: uso de viajes de regreso para devolver los palés vacíos, etc.	0.4
Total		5.9

Fuente: Toyota Motors Corporation.

La tabla 9 establece los resultados de las distintas iniciativas del programa Kaizen implementado por Toyota Motors Corporation (TMC) para disminuir las emisiones de CO₂. Se observa que en el producto «vehículos terminados», las actividades del Kaizen permitieron una disminución en las distancias del transporte de los vehículos nuevos a los centros de distribución, al incrementar el

uso del transporte marítimo, lo cual permitió una reducción de 2.4 miles de toneladas de CO₂. Además, en el producto «partes de producción», las actividades del Kaizen facilitaron la expansión del ferrocarril para el transporte de las piezas, lo cual permitió una reducción de 3.1 miles de toneladas de CO₂; y, finalmente, en el producto «partes de servicio», las actividades del Kaizen que se aplicaron en las distintas plantas automotrices de Toyota Motors Corporation permitieron que los viajes de regreso, al llevar las partes para los vehículos, se regresaran vacíos, lo cual permitió la disminución de 0.4 miles de toneladas de CO₂.

Gráfico 94. Tendencias en las emisiones totales de CO₂.



Fuente: Toyota Motors Corporation.

El gráfico 94 revela las tendencias en las emisiones totales de CO₂ que genera el Corporativo Toyota en las plantas automotrices ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar que las emisiones totales de CO₂ han disminuido sustancialmente en el período de 2014 a 2018, pasando de 1,2 millones de toneladas de CO₂ registradas en el año 2014 a 1,15 millones de toneladas de CO₂ en el año 2016, reduciéndose nuevamente las emisiones totales de CO₂ para el año 2018 al registrarse 1,14 millones de toneladas. Además, la tendencia en las emisiones de CO₂ por unidad producida también tiene una tendencia a la baja, al pasar de 0.414 toneladas de CO₂ por vehículo producido en el año 2014 a

0.408 toneladas por vehículo producido en el año 2016, reduciéndose nuevamente las emisiones de CO₂ para el año 2018 al registrarse 0.394 toneladas de CO₂ por vehículo producido. Lo cual, indica que las acciones que está implementando el Corporativo Toyota en la totalidad de sus plantas automotrices ubicadas en distintos países del mundo, están generando resultados satisfactorios que permiten establecer la existencia de una mejora en el nivel medioambiental y el desarrollo sustentable global.

La tabla 10 expone los principales afiliados que utilizan energías renovables en cada una de las regiones del mundo del Corporativo Toyota. Se puede observar que en Japón se ubica la mayoría de los afiliados que utilizan energías renovables, así como en la región de Asia-Pacífico. Además, en México existe una planta automotriz del Corporativo Toyota que también está utilizando energías renovables en sus procesos de producción y gestión, lo cual indica que esta planta está dejando de generar cientos de miles de toneladas de CO₂ y otras emisiones contaminantes al medioambiente. Esta información es sustancial, ya que permite inferir que las acciones sustentables que está adoptando e implementando el Corporativo Toyota, en términos de la reducción de las emisiones de CO₂ a través de la utilización de un mayor porcentaje de energías renovables en la mayoría de sus plantas automotrices alrededor del mundo, están contribuyendo no solamente a la mejora significativa del medioambiente y del nivel del desarrollo sustentable, sino también a reducir el cambio climático.

Tabla 10. Principales afiliados que usan energía renovable en cada región del mundo.

Europa	China	Japón	Norteamérica	Sudáfrica	Asia-Pacífico	Sudamérica
TMUK (Reino Unido)	TFAP GTMC	Toyota Motor Corporation JTEKT Corporation Toyota Motor East Japan, Inc. Densu Corporation Toyota Boshoku Corporation Toyota Housing Corporation Primearth EV Energy Co., Ltd.	TMMK (USA) TMMBC (México)	TSAM (Sudáfrica)	TMCA (Australia) Kuozui (Taiwán) TKM (India) TKAP (India) IMC (Pakistán) ASSB (Malasia) TMMIN (Indonesia)	TDB (Brasil)
TMMF (Francia)	TMCAP	Toyota Auto Body Co. Ltd. Admatechs Co., Ltd. Honsha Plant, Motomachi Plant, Tsutsumi Plant, Higashi-Fuji Technical Center				

Fuente: Toyota Motors Corporation.

Tabla 11. Tendencia en el uso global total de agua y el uso por unidad producida.

<i>País</i>	2014	2015	2016	2017	2018
Japón (TMC)	5,3	5,2	4,9	4,7	4,5
Japón (EMS)	12,1	11,9	11,3	12,6	13,1
Norteamérica	5,0	5,3	5,0	6,0	5,7
China	2,6	2,5	2,5	2,6	2,7
Europa	1,4	1,2	1,1	1,4	1,6
Asia, Australia, Medio Oriente, Sudáfrica, América Latina	4,8	4,9	4,5	5,5	5,3
Total (Millones de m ³)	31,2	31,0	29,3	32,8	32,9
Uso de agua por unidad producida (m ³ /unidad)	3.1	3.0	2.9	3.1	3.1

Fuente: Toyota Motors Corporation.

Tabla 12. Tendencia en los volúmenes de desechos totales globales y volumen de desechos por unidad producida.

<i>País</i>	2014	2015	2016	2017	2018
Japón (TMC)	36.0	36.0	35.0	34.0	33.0
Japón (EMS)	365.0	353.0	348.0	359.0	383.0
Norteamérica	32.0	29.0	29.0	30.0	29.0
China	20.0	17.0	17.0	17.0	18.0
Europa	14.0	14.0	11.0	12.0	14.0
Asia, Australia, Medio Oriente, Sudáfrica, América Latina	27.0	26.0	21.0	22.0	22.0
Total (Millones de toneladas)	494	475	461	474	499
Volumen de residuos por unidad (kg/unidad)	47.7	46.0	45.3	45.0	47.4

Fuente: Toyota Motors Corporation.

La tabla 11 indica las tendencias en el uso global total de agua y el uso por unidad producida de las plantas automotrices del Corporativo Toyota ubicadas alrededor del mundo. Se observa que las plantas automotrices ubicadas en Europa son las que tiene un menor nivel de consumo de agua por vehículo pro-

ducido, al pasar de 1.4 m³ por vehículo producido en 2014 a 1.1 m³ en el año 2016, pero se incrementó levemente a 1.6 m³ en el año 2018. En el caso de las plantas automotrices establecidas en Norteamérica (México, Estados Unidos y Canadá) el consumo del agua por vehículo producido se ha incrementado ligeramente, al pasar de 5 m³ por vehículo producido en el año 2014 a 6 m³ en el año 2017, y reduciéndose ligeramente a 5.7 m³ en el año 2018. En términos generales, la tendencia en el uso global total de agua de las plantas automotrices del Corporativo Toyota es al alza, al registrar 31.2 m³ en el año 2014 a 32.9 m³ en el año 2018, lo cual permite inferir que las acciones implementadas no han dado los resultados esperados.

La tabla 12 muestra la tendencia en los volúmenes de desechos totales globales y el volumen de desechos por vehículo producido de las distintas plantas automotrices del Corporativo Toyota que están ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar que las plantas automotrices ubicadas en Europa son las que registraron el nivel más bajo de desechos por vehículo producido al pasar de 14 kilogramos por vehículo producido registrados en el año 2012 a 11 kilogramos en el año 2016, pero aumentando ligeramente a 14 kilogramos de desechos por vehículo producido en el año 2018. En el caso de Norteamérica, el volumen de desechos por vehículo producido se redujo ligeramente al pasar de 32 kilogramos por vehículo producido registrado en el año 2014 a 29 kilogramos en el año 2016, permaneciendo prácticamente igual en el año 2018. En términos generales, la tendencia del volumen total de desechos ha tenido altibajos en el período analizado, lo cual indica que las acciones implementadas por el Corporativo Toyota no son efectivas.

Tabla 13. Principales actividades del grupo de trabajo Todo Toyota en Armonía con la Naturaleza.

<i>Actividad</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>Total, de los dos años</i>	<i>Total 2017-2018</i>
Número de participantes (personas)	41 118	47 440	88 558	210 879
Cantidad de árboles plantados	31 089	27 645	58 734	
Bosques objetivo de conservación (ha)	1 789	3 010	4 799	
Educación ambiental (participantes)	26 486	32 302	58 788	

Fuente: Toyota Motors Corporation.

La tabla 13 expone las principales actividades del grupo de trabajo Todo Toyota en Armonía con la Naturaleza. Se observa un incremento en la cantidad de personas participantes, una reducción en la cantidad de árboles plantados, un aumento de las hectáreas de bosques conservados y de los participantes en los cursos de educación ambiental, generando un total de 210 879 actividades desarrolladas. Además, estas iniciativas son importantes porque con ellas el Corporativo Toyota manifiesta su responsabilidad social empresarial de apoyo al cuidado del medioambiente, el desarrollo sustentable y la mejora de la calidad de vida de la sociedad en general.

Gráfico 95. Tendencia en el volumen de emisiones de CO₂ en los procesos de pintura de carrocería de vehículos en TMC en Japón (gramos/m²).

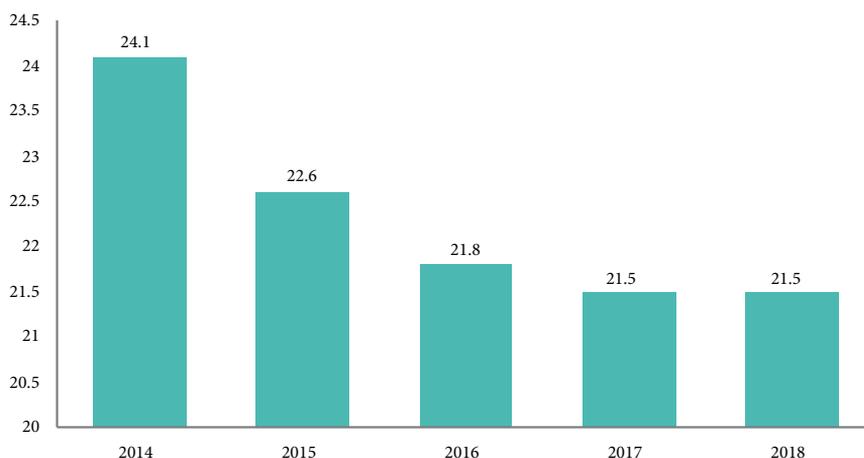


Fuente: Toyota Motors Corporation.

El gráfico 95 establece la tendencia en el volumen de emisiones de CO₂ en los procesos de pintura de la carrocería de los vehículos del Corporativo Toyota en las plantas automotrices ubicadas en Japón. Se puede observar que la tendencia del volumen de emisiones de CO₂ es a la baja, al registrar 18.8 gramos por m² de CO₂ en los procesos de pintura de las carrocerías de los vehículos nuevos registrados en el año 2014 a 15.8 gramos por m² en el año 2016 y, nuevamente, a la baja en el año 2018 al registrarse 14.4 gramos de CO₂ por m². Estos datos demuestran que las acciones implementadas por el Corporativo Toyota en la reducción del volumen de emisiones de CO₂ en sus proce-

Los procesos de pintura de las carrocerías de los vehículos nuevos ensamblados en todas sus plantas automotrices ubicadas en distintos países, realmente están dando buenos resultados, ya que si se multiplica la cantidad de gramos reducida por m^2 por la cantidad total de vehículos que se producen anualmente, entonces la cantidad de emisiones de CO_2 que se están eliminando de la atmósfera es considerable y significativa.

Gráfico 96. Tendencia en el volumen de emisiones de CO_2 en los procesos de pintura de carrocería de vehículos en filiales internacionales (gramos/ m^2).

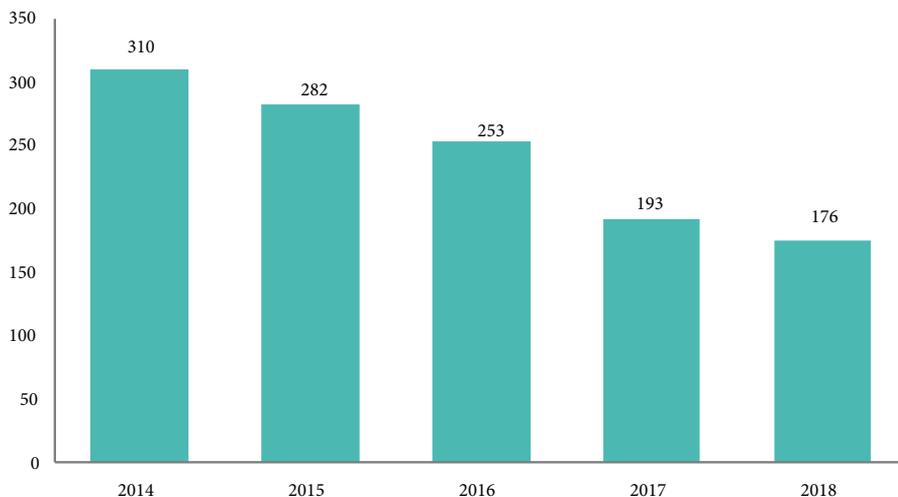


Fuente: Toyota Motors Corporation.

El gráfico 96 demuestra la tendencia en el volumen de emisiones de CO_2 en los procesos de pintura de las carrocerías de los vehículos nuevos de las plantas automotrices del Corporativo Toyota que se encuentran ubicadas fuera de Japón. Se observa una tendencia a la baja en el período de 2014 a 2018, al pasar de un registro de 24.1 gramos por m^2 de emisiones de CO_2 de pintura en las carrocerías de los vehículos nuevos a 21.8 gramos de CO_2 por m^2 en el año 2016, y se reduce nuevamente la cantidad a 21.5 gramos de CO_2 por m^2 de pintura de la carrocería de los vehículos nuevos. Por lo tanto, es posible establecer que, al igual que las plantas automotrices ubicadas en Japón, el Corporativo Toyota está logrando que en la totalidad de sus plantas automotrices que se encuentran en diversos países alrededor del mundo, se esté disminu-

yendo significativamente las emisiones de CO₂ a la atmósfera como parte de sus procesos de producción de vehículos, lo cual contribuye al mejoramiento del medioambiente y al desarrollo sustentable.

Gráfico 97. Tendencia en el volumen de emisiones de CO₂ en los procesos de pintura de para- choques de vehículos en TMC en Japón (gramos/m²).



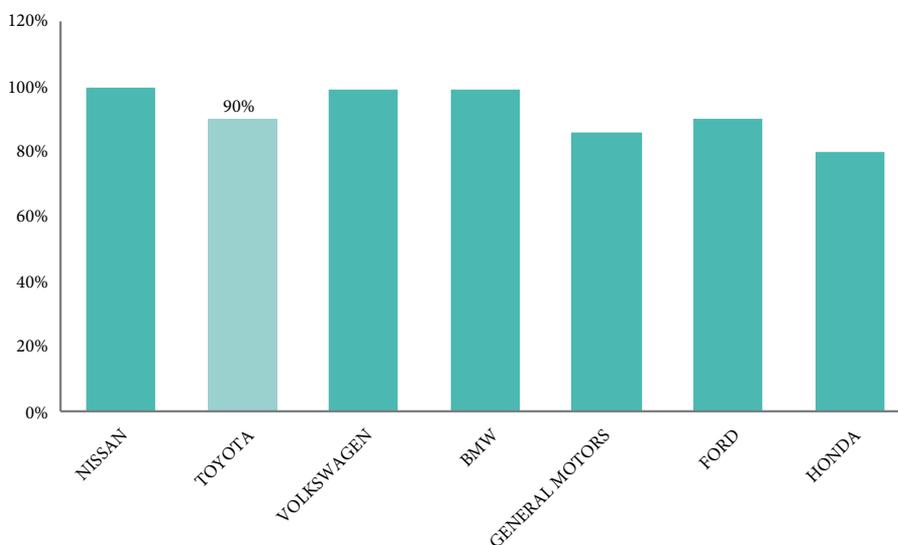
Fuente: Toyota Motors Corporation.

El gráfico 97 expone la tendencia en el volumen de emisiones de CO₂ en los procesos de pintura de los para-choques de los vehículos nuevos del Corporativo Toyota en las plantas automotrices de Japón. Se puede observar una marcada tendencia a la baja al pasar de un registro de 310 gramos de CO₂ por m² en los procesos de pintura de los para-choques de los vehículos nuevos en el año 2014, a 253 gramos de CO₂ por m² en el año 2016, y al reducirse otra vez a 176 gramos de CO₂ por m² en los procesos de pintura de los para-choques de los vehículos nuevos en el año 2018. Esto, permite establecer que las acciones planeadas por el Corporativo Toyota para reducir las emisiones de CO₂ en sus procesos productivos, están generando buenos resultados y mejorando el medioambiente y el desarrollo sustentable a nivel global.

Toyota México

Toyota México es una importante empresa automotriz que tiene relativamente pocos años de haberse instalado en el territorio nacional. A pesar de ello, ha realizado importantes inversiones en la modernización tecnológica de sus plantas y en la promoción de sus vehículos, prueba de esto es la participación de mercado que tiene actualmente pues algunos de los modelos de sus vehículos se encuentran entre los más vendidos en el mercado de México. Asimismo, Toyota México cuenta con un programa de mejoramiento ambiental que, regularmente, desarrolla con sus principales socios comerciales y organizaciones ambientalistas. También, impulsa constantemente ideas innovadoras en la conservación del medioambiente y el desarrollo sustentable, a través del financiamiento de iniciativas de distintas ONG que abordan problemas ambientales y necesidades sociales tan diversos que existen en las localidades donde se ubican sus plantas automotrices. En los gráficos y figuras que se presentan a continuación se aprecia mejor la adopción e implementación de las actividades de la economía circular por parte de Toyota mexicana.

Gráfico 98. Residuos sólidos industriales reutilizados por Toyota México.



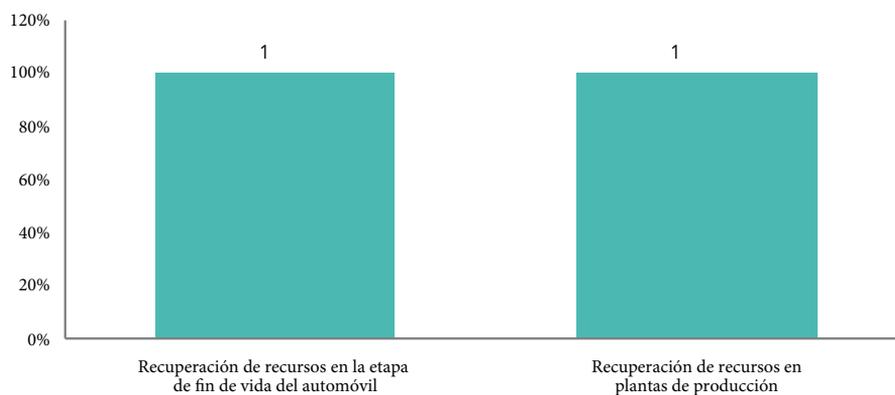
Fuente: Elaboración propia con datos de las empresas armadoras de automóviles.

El gráfico 98 indica los residuos sólidos industriales reutilizados por Toyota México. Se puede observar que las plantas automotrices de esta marca ubicadas en el territorio nacional reutilizan alrededor del 90 % del total de los residuos sólidos industriales que generan, lo cual permite establecer que solo un 10 % de dichos residuos se desechan en los vertederos municipales. Además, los residuos sólidos industriales de Toyota México generalmente se aprovechan para la reutilización cuando prácticamente se ha desmontado todo lo aprovechable del vehículo, por ejemplo, los neumáticos, líquidos y cristales. Una vez que se obtienen los materiales, una prensa hace añicos el vehículo y luego se funde para recuperar los metales útiles como el acero, aluminio y cobre para reutilizarlos en el proceso de producción, ya sea de la misma empresa automotriz o de otras empresas manufactureras.

Asimismo, uno de los grandes retos que tiene Toyota México es el aprovechamiento del 100 % de los materiales de los vehículos, una vez que ha terminado su ciclo de vida, ya que cuando los vehículos son desmantelados se envían para su descontaminación y, posteriormente, son llevados a la fragmentadora para proceder a la separación y recuperación de los materiales que lo integran, ya sea en sus propias instalaciones o a través de empresas especializadas en el aprovechamiento de los materiales. Esta meta aún no se cumple en su totalidad, pero forma parte de las acciones que Toyota México está implementando en su plan para el 2050, lo cual le permitirá reducir no solamente en un alto porcentaje los residuos sólidos industriales y los desechos que son enviados a los vertederos municipales, sino también los contaminantes y emisiones de CO₂ que tienen como destino la atmósfera.

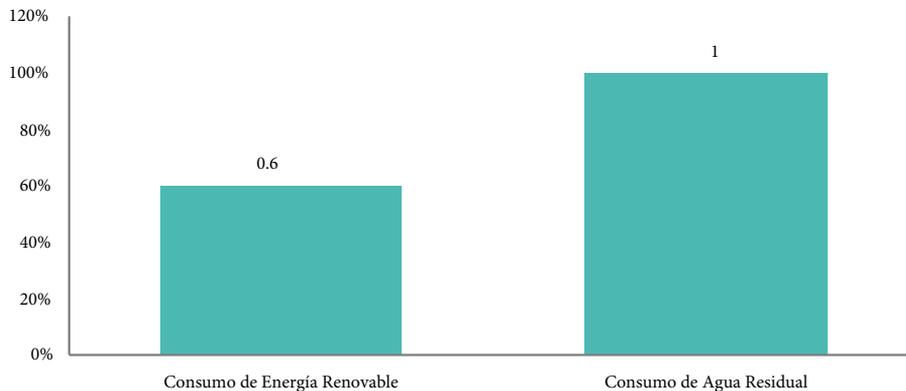
El gráfico 99 muestra el reciclaje de materiales y materias primas que realiza Toyota México. Se observa que las plantas automotrices ubicadas en el territorio nacional tienen el 100 % de la recuperación de los distintos recursos en la etapa del fin de ciclo de vida de los vehículos, así como el 100 % de la recuperación de los recursos en las plantas de producción, lo cual permite establecer que Toyota México tiene un programa con una efectividad del 100 % en el reciclaje de los recursos, tanto en los procesos de producción de los vehículos como en la etapa del fin del ciclo de vida útil de los mismos. Además, Toyota México cuenta con diferentes tipos de reciclaje de materias primas y materiales para mejorar el medioambiente, como son: plásticos, metales, baterías y cobre, sobre todo de los modelos Prius, Corolla, Matrix y RAV4 que son los vehículos que tienen una mayor cantidad de reciclaje.

Gráfico 99. Reciclaje de materiales y materias primas de Toyota México.



Fuente: Toyota Motors Corporation.

Gráfico 100. Porcentaje de energías renovables utilizadas por Toyota México.



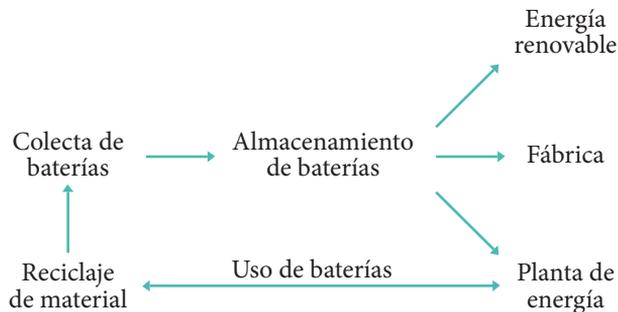
Fuente: Toyota Motors Corporation.

El gráfico 100 expone el porcentaje de energías renovables utilizadas por Toyota México. Se puede observar que el 60 % del total del consumo de energía de las plantas ubicadas en el territorio nacional proviene de fuentes renovables, mientras que las plantas automotrices también reciclan el 100 % de sus aguas residuales, lo cual permite establecer el nivel del compromiso que tiene

Toyota México con el cuidado del medioambiente y el desarrollo sustentable. Igualmente, en cuanto al consumo de energía, las plantas automotrices ubicadas en México tienen como metas la reducción de las emisiones de CO₂ en la totalidad de sus procesos, por medio de la utilización de mecanismos que no requieran el uso de energía y adoptando fuentes de energía renovables como la energía solar, la energía eólica y la energía de hidrógeno, lo cual le permitirá la reducción del 22 % del consumo de energía en la producción de sus vehículos.

Además, Toyota México cuenta con diversos planes estratégicos para reducir significativamente el consumo de agua potable, a través de dos medias fundamentales: la reducción integral de la cantidad de agua utilizada en los procesos de producción y la purificación integral del agua residual devolviéndola a la naturaleza. Adicionalmente, las plantas automotrices ubicadas en el territorio nacional han implementado también la recolección del agua de lluvia, con la intención de reducir sustancialmente el consumo de agua en el proceso de producción, filtrándola para incrementar la eficiencia del reciclaje del agua, al igual que la reutilización de un porcentaje importante de las aguas residuales en los procesos productivos, lo cual le permitirá cumplir con los objetivos y metas de mejorar la sustentabilidad medioambiental a través de la reducción de las emisiones de CO₂ y otros contaminantes.

Figura 37. Proceso de reciclaje de las baterías de los vehículos de Toyota México.

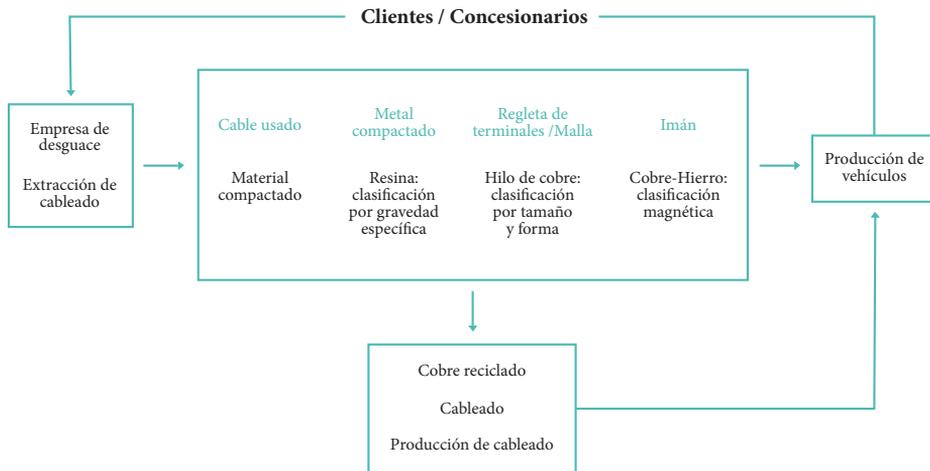


Fuente: Adaptado de Toyota Motors Corporation.

La figura 37 muestra el proceso de reciclaje de las baterías de los vehículos que han terminado su ciclo de vida de Toyota México. Se puede observar que el proceso de la recolección de las baterías tanto de los vehículos electros como

de los híbridos y convencionales, consiste en que se almacenan y reciclan para reutilizarse en nuevos vehículos. Además, Toyota México y la empresa Chubu Electric Power Company Inc., están trabajando en el desarrollo de un proyecto conjunto para la generación de un sistema de baterías de almacenamiento de gran capacidad (*Storage Battery System*), de tal manera que les permita la reutilización de las baterías de los vehículos eléctricos e híbridos para la producción de una nueva batería con un sistema de almacenamiento más eficiente para los vehículos nuevos, que resuelve tres de los problemas más frecuentes de un sistema eléctrico: 1) ajuste de la oferta y la demanda energética; 2) contrarrestar las fluctuaciones de frecuencia, y 3) contrarrestar las fluctuaciones de voltaje en los sistemas de distribución, lo cual permitirá un ahorro de energía para los vehículos nuevos.

Figura 38. Proceso de reciclaje del cobre de los vehículos de Toyota México.

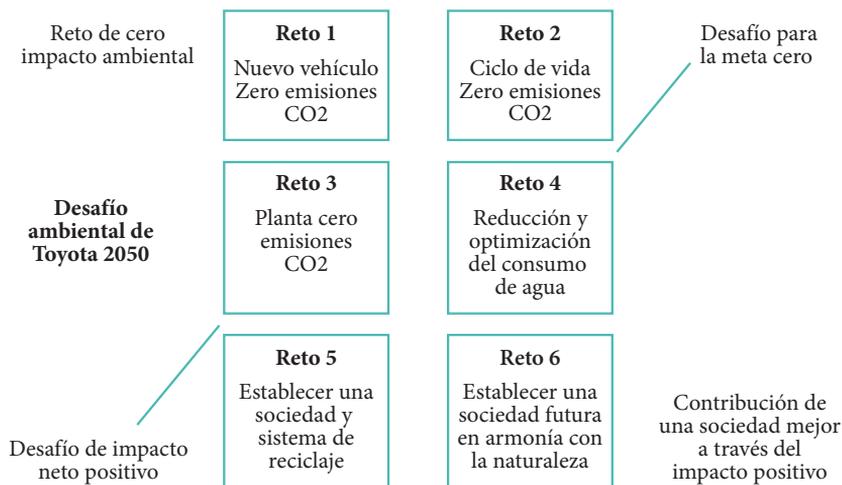


Fuente: Adaptado de Toyota Motors Corporation.

La figura 38 indica el proceso de reciclaje del cobre de los vehículos de Toyota México. Se observa que la extracción del cableado de los vehículos inicia en las empresas de desguace en donde se extraen todos los materiales y materias primas factibles de reciclar, posteriormente pasa a un sistema de compactado y clasificación para extraer solamente el cobre del sistema de cableado de los vehículos. La siguiente etapa es la producción de cableado de cobre en las

empresas que participan en la cadena de proveeduría de la industria automotriz, para luego reutilizarse en la producción de nuevos vehículos. El proceso de recuperación de cobre de un vehículo aparenta ser una tarea muy sencilla, pero es más complicada de lo que parece, ya que generalmente requiere de una serie de pasos y procedimientos para poder garantizar la correcta extracción del cobre de los vehículos y su posterior aprovechamiento en los vehículos nuevos. De lo contrario, si no se siguen adecuadamente los procedimientos el cobre que se extrae puede estar contaminado y no sería útil en la producción de nuevo cableado para los vehículos.

Figura 39. Programa ambiental y de desarrollo sustentable de Toyota México.



Fuente: Adaptado de Toyota Motors Corporation.

La figura 39 muestra el programa ambiental y de desarrollo sustentable que se implementa en las plantas automotrices de Toyota México ubicadas en el territorio nacional. Se puede observar que el programa ambiental está integrado esencialmente por seis cambios o desafíos. Además, Toyota México, al igual que el Corporativo Toyota, cuenta con un reto ambiental esencial para el año 2050, el cual consiste en reducir, prácticamente, el promedio global de las emisiones de CO₂ de los vehículos nuevos en un 90 %, para lo cual Toyota México requiere del desarrollo de vehículos de nueva generación y de la im-

plementación de seis retos ambientales fundamentales en la totalidad de sus plantas ubicadas alrededor del mundo, entre ellas las establecidas en México, los cuales se presentan a continuación (Toyota México, 2019):

Primer desafío: La meta fundamental es conseguir que para el año 2050 todos los modelos de Toyota México emitan un 90 % menos de CO₂, comparado con lo registrado en el año 2010. Por lo cual, el camino hacia el objetivo es claro: la apuesta por energías alternativas y renovables. Además, en el año 2018 el 74 % de las ventas totales de la compañía fueron vehículos híbridos logrando un ahorro de 1 500 000 de toneladas de dióxido de carbono que no fueron emitidas a la atmósfera. También se está promoviendo la movilidad sostenible con el desarrollo de vehículos eléctricos, cuya fuente de energía produce cero emisiones de dióxido de carbono ya que solo emiten agua. En ellos, además de que la batería de almacenamiento de electricidad tiene un tiempo de vida relativamente largo, tiene bajos costos la recarga de esta y es totalmente reutilizable para la producción de nuevos vehículos.

Segundo desafío: ¿Sabías que en la fabricación de los vehículos también se emite CO₂? Toyota México ha implantado un sistema de gestión medioambiental en la cadena de suministro, con el propósito de eliminar las emisiones de dióxido de carbono en el ciclo de vida de los vehículos que produce: fabricación, distribución y transporte hasta el punto de venta al consumidor final. Ello, reduce significativamente las emisiones de CO₂, mejorando con estas acciones el nivel del desarrollo sustentable y el medioambiente de las localidades donde se encuentran ubicadas sus plantas automotrices.

Tercer desafío: El tercer desafío establecido por Toyota México es la eliminación de las emisiones de CO₂ en sus distintas plantas de producción. Siguiendo el modelo de mejora continua y la calidad total como parte de su filosofía empresarial, Toyota México se mantiene en la constante búsqueda de tecnologías innovadoras y fuentes de energía renovables para aplicarlos en sus procesos de producción. Para ello, actualmente, Toyota México está explorando el desarrollo de nuevas maneras de integrar el hidrógeno como una fuente de energía para generar electricidad en sus distintas plantas automotrices ubicadas alrededor del mundo.

Cuarto desafío: El agua potable es un medio escaso en muchos lugares del planeta, por lo cual proteger los recursos del presente y del futuro es uno de los estandartes del desafío que tiene en la actualidad Toyota México. Por lo tanto, para enfrentar este desafío Toyota México ha elaborado un plan para ges-

tionar eficiente el agua, la reutilización de esta y la captación de agua de lluvia para incorporarla a todos sus procesos productivos, así como regresar a la naturaleza las aguas residuales ya tratadas para que puedan sanearse los ríos y arroyos de las localidades donde se ubican las plantas automotrices.

Quinto desafío: ¿Qué sería del mundo actual sin el reciclaje? Este reto es uno de los desafíos más importantes para Toyota México, para lo cual, la compañía se plantea el desarrollo de tecnologías que favorezcan el reciclaje de los residuos sólidos industriales y permitan la reutilización y recuperación de materiales y materias primas para incorporarlos en los procesos de producción de los nuevos vehículos, así como desechar la menor cantidad posible de material que tenga como destino los vertederos municipales, evitando con ello la degradación medioambiental y la emisión de residuos sólidos industriales peligrosos.

Sexto desafío: El objetivo final de Toyota México es implicar a la sociedad mexicana en general para construir un mundo más responsable con el medioambiente y la naturaleza. Para ello, Toyota México ha establecido una serie de acuerdos con distintas organizaciones dedicadas al cuidado y al fomento de nuestro entorno, con el propósito de contribuir con el financiamiento y los apoyos necesarios en aquellos programas y acciones que tengan como objetivo central la mejora significativa del cuidado de la biodiversidad de cada lugar y región donde se encuentran ubicadas sus plantas automotrices.

Bajo este contexto, Toyota México tiene muy bien articulado su plan ambiental y de desarrollo sustentable, no solamente con las actividades de producción de sus plantas automotrices sino también en las actividades de la cadena de proveeduría. Lo cual, le permite la visualización de la totalidad de los procesos de producción, ventas, distribución y recuperación de los vehículos que fabrica, de tal manera que refuerce aquellas acciones que no se han cumplido o bien mejore esas acciones para lograr el objetivo final de mejorar sustancialmente el medioambiente y el desarrollo sustentable de las localidades donde se encuentran ubicadas sus plantas automotrices.

3. La economía circular en Volkswagen

Volkswagen es una de las primeras empresas de la industria automotriz que se instalaron en México desde hace un poco más de tres décadas. Es una de las

empresas que tiene una elevada contribución al PIB nacional y a la generación de empleos de la industria manufacturera nacional. Como parte de su cultura empresarial se encuentra el cuidado y la protección del medioambiente, así como el desarrollo sustentable, para lo cual la adopción e implementación del nuevo modelo de negocio basado en las actividades de la economía circular es fundamental. Además, Volkswagen siempre se ha distinguido por la producción de vehículos de alta calidad que incorporan no solamente la tecnología más moderna existente en el mercado mundial, sino también por las innovaciones en sus sistemas y componentes que hacen de sus vehículos unos de los más seguros del mercado global y los que generan los menores niveles de contaminantes y emisiones de CO₂ a la atmósfera, por lo cual la implementación de las actividades que conlleva la economía circular forman parte de sus actividades cotidianas.

Asimismo, obtener información de las prácticas de la economía circular en sus diversos procesos productivos fue relativamente sencillo, ya que en la página web del corporativo —ubicado en Alemania— tiene bastante información muy valiosa sobre la aplicación de las actividades de la economía circular, y la página web de Volkswagen de México no es la excepción al generar también información muy importante sobre las prácticas de la economía circular, lo cual nos permitirá identificar aquella información que se implementa en la totalidad de las plantas automotrices del Corporativo Volkswagen y las que se aplican en Volkswagen de México. En este sentido, el lector de este libro tendrá un panorama general de la implementación de las actividades de la economía circular en el Corporativo Volkswagen, así como aquellas actividades de la economía circular que solo se están implementando en la planta ubicada en la ciudad de Puebla. Para lo cual, se analizará en primera instancia, la información general del Corporativo Volkswagen y, en segunda instancia, aquella información referente a la planta automotriz de Volkswagen de México.

Además, en los dos apartados siguientes se presentará información de la organización que está estrechamente relacionada con las distintas actividades que conlleva la economía circular, separando como ya se comentó con anterioridad, la información referente al Corporativo Volkswagen y aquella que corresponde a Volkswagen de México. De igual manera, se analizará detalladamente la información que se presente en los gráficos, tablas y figuras tratando de explicar, de la forma más sencilla posible, para que el lector de este libro comprenda mejor la importancia que tienen las distintas actividades de la eco-

nomía circular tanto para la reducción del nivel de contaminación y la mejora significativa del medioambiente de las localidades donde se ubican las plantas armadoras de vehículos, como para la reducción del nivel del cambio climático en beneficio de la sociedad en general.

Corporativo Volkswagen

La aplicación práctica de las distintas actividades que integran la economía circular es un reto para las empresas manufactureras y más para aquellas que integran la industria automotriz, ya que tienen que realizar diversos cambios, tanto organizacionales como con sus principales socios comerciales, para que las actividades de la economía circular tengan los resultados esperados. En este contexto, el Corporativo Volkswagen no es ajeno a los cambios que demanda el nuevo ambiente de los negocios a nivel global, así como de los cambios en los gustos y necesidades de los consumidores globales, los cuales demandan productos y servicios que, no solamente sean más eficientes y efectivos, sino también que sean lo más amigables posible con el medioambiente y que generen el menor impacto negativo posible al medioambiente. Por lo cual, el Corporativo Volkswagen está inmerso en la elaboración de este tipo de productos. En las figuras, gráficos y tablas que se presentan a continuación se aprecia mejor la implementación de las actividades de la economía circular por parte del Corporativo Volkswagen.

La tabla 14 muestra el rendimiento y la rentabilidad competitiva del Corporativo Volkswagen. Se observa que se espera un incremento importante del rendimiento operativo de las ventas al pasar del 6 % en 2015 a 8 % para el 2025, una reducción en el índice de I+D al pasar de 7.4 % en el año 2015 a 6 % para el 2025, una disminución en los ingresos por ventas al pasar de un 6.9 % en el año 2015 a un 6 % para el 2025, un incremento en el flujo de cada al pasar de 8.87 billones de euros en el año 2015 a 10 billones de euros para el 2025, un aumento en la proporción de pago al llegar al 30 % para el 2025, una reducción en la liquidez neta al pasar del 11.5 % en el año 2015 a 10 % para el 2025 y un aumento significativo en el retorno de la inversión al pasar del -0.2 % en el año 2015 al 15 % para el 2025. Estos datos son interesantes porque brindan un panorama general de la situación que vivió el Corporativo Volkswagen en el año 2015 y lo que espera para el año 2025, de acuerdo con las diversas acciones y actividades que contienen los planes que actualmente está implementando la compañía.

Tabla 14. Rendimiento y rentabilidad competitiva del Corporativo Volkswagen.

<i>Actividad</i>	2015	2025
Rendimiento operativo de las ventas	6.0%	8.0%
Índice de investigación y desarrollo (índice de I + D) en la división automotriz	7.4%	6.0%
Capex/ingresos por ventas en la industria automotriz	6.9%	6.0%
Flujo de caja neto en la división automotriz	€ 8.87 billones	€ 10 billones
Proporción de pago	Negativo	30%
Liquidez neta de la división automotriz	11.5% de ingresos por ventas consolidadas	10.0% de ingresos por ventas consolidadas
Retorno de la inversión (ROI) en la división automotriz.	-0.2%	15.0%

Fuente: Volkswagen Corporation.

La tabla 15 establece el programa y objetivos de la protección del medioambiente del Corporativo Volkswagen para la totalidad de sus plantas automotrices ubicadas alrededor del mundo, el cual contempla la implementación de tres áreas de acción fundamentales. Siendo la primera de ellas la protección del clima y la descarbonización de los nuevos vehículos que se fabriquen la cual contempla prácticamente cuatro objetivos y acciones que ya ha implementado y está por implementar el Corporativo Volkswagen. La segunda área de acción se refiere a la conservación de los recursos a lo largo del ciclo de vida de los vehículos y contempla dos objetivos y acciones esenciales para su logro. La tercera área de acción es la conservación de la naturaleza y la biodiversidad, la cual contempla solamente un objetivo y acción para su logro. Además, cada uno de los objetivos y acciones tiene contemplada una fecha límite para su culminación, así como el estado en que se encuentran en la actualidad en cada una de las plantas automotrices del Corporativo Volkswagen en las que se están implementando. También se contemplan los logros obtenidos de las mismas y es totalmente innegable que en cada una de las áreas de acción, objetivos y metas está presente la implementación de las actividades que integran la economía circular, lo cual indica que el Corporativo Volkswagen efectivamente ha adoptado y está poniendo en práctica las actividades de la economía circular en la totalidad de sus plantas automotrices ubicadas alrededor del mundo.

Tabla 15. Programa y objetivos de la protección ambiental del Corporativo Volkswagen.

Áreas de Acción	Objetivos y Acciones	Fecha Limite	Estado
Protección del clima y descarbonización	Los mejores lugares en la clasificación de productos seleccionados, calificaciones y premios.	2018	Premio ambiental en ADAC Ecotest 2018: 1° Golf, 2° VW eco up, Skoda Citigo y SEAT Mii con accionamiento de gas natural.
	Programa de descarbonización.	2019	Desarrollo de un programa de descarbonización para reducir las emisiones de CO ₂ durante todo el ciclo de vida de los vehículos. El programa cubre el establecimiento de objetivos de CO ₂ que deben cumplirse para el 2025 para todo el Grupo Volkswagen.
	Reducción de las emisiones europeas de CO ₂ de la flota de automóviles nuevos a 95 g/km.	2020	Emisiones de CO ₂ de la flota de la UE en 2018 123 g/km (automóviles y vehículos comerciales ligeros).
	Reducción continua de la huella de carbono.	2025	Reducción de las emisiones totales de CO ₂ por vehículo producido de 40.5 t/a en 2017 a 40.4 t/a en 2018. Reducción de emisiones de CO ₂ en 2018 en UE: 123 g/km (automóviles y vehículos comerciales ligeros); China: 144.5 g/km (VGIC + SVW + FAW-VW); Brasil: 132.4 g/km; USA: 163.2 g/km (año del calendario Audi / VW; excluyendo VWoA).
Conservación de los recursos a lo largo del ciclo de vida	Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero del suministro de energía a las instalaciones de producción en Alemania en un 40 % por unidad producida 2020 (en comparación con la línea base de 2010).	2019-2022	La aprobación para la construcción y operación de instalaciones de energía eólica certificadas que producen 12.8 MW en Salzgitter. El proyecto se confirmó en el proceso de licitación EEG 2018 de la Agencia Federal de Redes. Deben entrar en funcionamiento en el cuarto trimestre de 2019. Las emisiones de CO ₂ por vehículo de las operaciones de producción en Alemania ya se han reducido en un 32 % desde 2010.
	Reducción de impacto ambiental por unidad producida (UEP), del consumo de energía, agua, desechos y niveles de emisión en un 45 %.	2025	UEP totalizó 33.9 % en 2018.
Conservación de la naturaleza y la biodiversidad	Compromiso mundial con la protección de la biodiversidad en las localidades donde se ubican las plantas del Grupo Volkswagen, para lo cual se realizó un proyecto de investigación para desarrollar un sistema estandarizado de evaluación de la biodiversidad en los sitios de producción. El despliegue del sistema comenzará en proyectos piloto en 2019.	En curso	Mas de 80 proyectos de conservación de la naturaleza por más de 10 marcas.

Fuente: Volkswagen Corporation.

La tabla 16 presenta la información de la producción, ventas y finanzas de las distintas empresas automotrices del Corporativo Volkswagen. Se observa, en términos generales, un incremento en casi todas las actividades, exceptuando solo, en exactamente la misma proporción de aprendiz del 4.6 %, tanto en

el año 2017 como en el año 2018. Además, el nivel de producción registró un incremento en todos los indicadores analizados en el año 2018 con respecto al registrado en el año 2017. Lo mismo sucedió con las ventas y los aspectos financieros, los cuales registraron un mayor nivel de crecimiento en el año 2018 con respecto al obtenido en el 2017, lo que indica que las distintas acciones que está implementando el Corporativo Volkswagen están dando excelentes resultados económicos y financieros.

Tabla 16. Información de producción, ventas y finanzas del Corporativo Volkswagen.

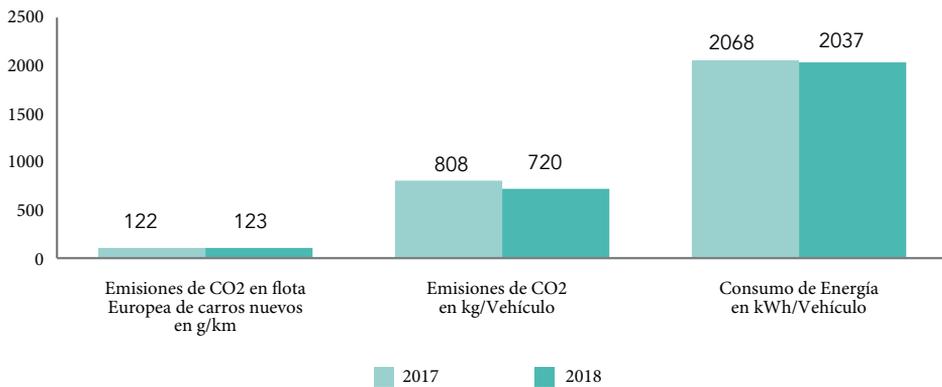
<i>Actividad</i>	2017	2018
Ventas de vehículos (unidades) en miles de vehículos	10 777	10 900
Producción de vehículos (unidades) en miles de vehículos	10 875	11 018
Investigación y desarrollo (costos en billones de euros)	13,1	13,6
Empleados al 31 de diciembre	642 292	664 496
Proporción de empleados mujeres en %	16,3	16,5
Proporción de aprendices en %	4,6	4,6
Emisiones de CO ₂ en flota europea de carros nuevos en g/km	122	123
Emisiones de CO ₂ en kg/vehículo	808	720
Consumo de energía en kWh/vehículo	2 068	2 037
Datos financieros (IFRS), millones de euros	2017	2018
Ingresos por ventas	229 550	235 849
Resultado de operación después de artículos especiales	13 818	13 920
Ingresos antes de impuestos	13 673	15 643
Ingresos después de impuestos	11 463	12 205

Fuente: Volkswagen Corporation.

El gráfico 101 indica las emisiones de CO₂ y el consumo de energía de las plantas automotrices del Corporativo Volkswagen ubicadas alrededor del mundo. Se observa que las emisiones de CO₂ en los vehículos fabricados en las plantas de Europa se incrementaron ligeramente al pasar de 122 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido registrados en el año 2017 a 123 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido en el año 2018. Sin embargo, también se registró una reducción significativa en las emisiones de CO₂ de los vehículos fabricados en

otras plantas, al pasar de 808 kilogramos de CO₂ por vehículo producido registrados en el año 2017 a 720 kilogramos de CO₂ por vehículo producido en el año 2018. Además, también se redujo el consumo de energía al pasar de 2 068 kilovatios hora por vehículo producido registrado en el año 2017 a 2 037 kilovatios hora por vehículo producido en el año 2018, por lo cual es posible establecer que las acciones que está implementando el Corporativo Volkswagen están dando buenos resultados.

Gráfico 101. Emisiones de CO₂ y consumo de energía del Corporativo Volkswagen.

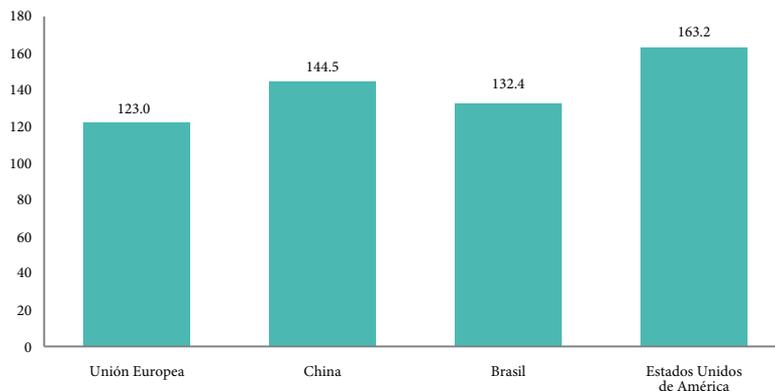


Fuente: Volkswagen Corporation.

El gráfico 102 establece la reducción de la huella de carbono en la producción de vehículos por región del Corporativo Volkswagen. Se observa que en las plantas automotrices ubicadas en Europa se reconoció la menor cantidad de la huella de carbono, al registrar 123 kilogramos de CO₂ por cada 100 dólares americanos invertidos en la producción de vehículos. Las plantas ubicadas en China registraron 144.5 kilogramos de CO₂ por cada 100 dólares americanos invertidos en la producción de vehículos. Las plantas ubicadas en Brasil registraron 132.4 kilogramos de CO₂ por cada 100 dólares americanos invertidos en la producción de vehículos y las plantas automotrices establecidas en Estados Unidos de América registraron la mayor cantidad de huella de carbono al tener 163.2 kilogramos de CO₂ por cada 100 dólares americanos invertidos en la producción de vehículos. Lo anterior, permite establecer que las plantas automotrices del Corporativo Volkswagen establecidas en Europa generan la menor

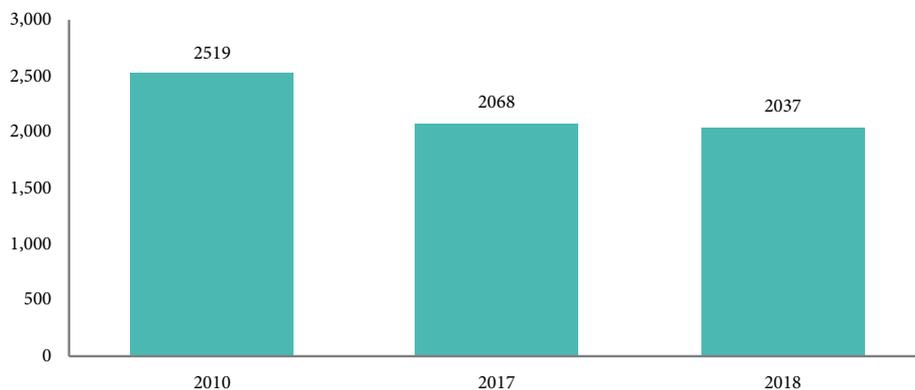
cantidad de gases de efecto invernadero a la atmósfera en la producción de vehículos, por el contrario, las plantas ubicadas en Estados Unidos son las que generan una mayor cantidad de gases de efecto invernadero (huella de carbono).

Gráfico 102. Reducción de la huella de carbono en la producción de vehículos 2018 por región del Corporativo Volkswagen.



Fuente: Volkswagen Corporation.

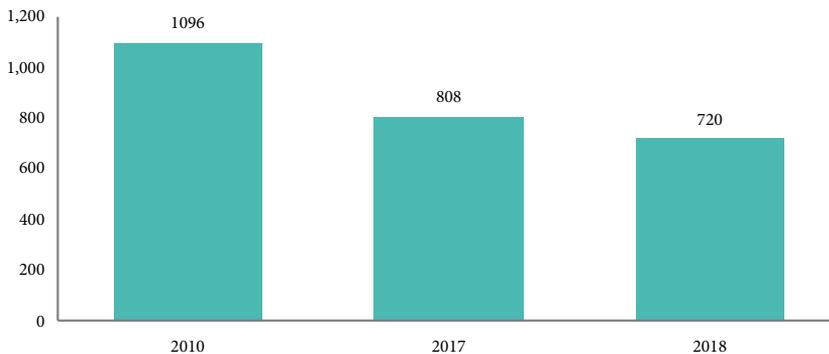
Gráfico 103. Consumo de energía en la producción de vehículos del Corporativo Volkswagen (kWh/vehículo).



Fuente: Volkswagen Corporation.

El gráfico 103 revela el consumo de energía en la producción de vehículos del Corporativo Volkswagen. Se puede observar una reducción significativa durante el período de 2010-2018 al pasar de 2 519 kilovatios hora de consumo de energía por vehículo producido registrados en el año 2010 a 2 068 kWh en el año 2017, y nuevamente, al reducirse a 2 037 kilovatios hora de consumo de energía por vehículo producido en el año 2018. La reducción de 482 kilovatios hora de consumo de energía por cada vehículo producido en los últimos ocho años, posiblemente no represente una gran cantidad, pero si se multiplica por la cantidad total de vehículos producidos por el Corporativo Volkswagen durante un año, entonces sí representaría una elevada cantidad de energía que no fue consumida.

Gráfico 104. Emisiones de CO₂ en la producción de vehículos del Corporativo Volkswagen (kWh/vehículo).

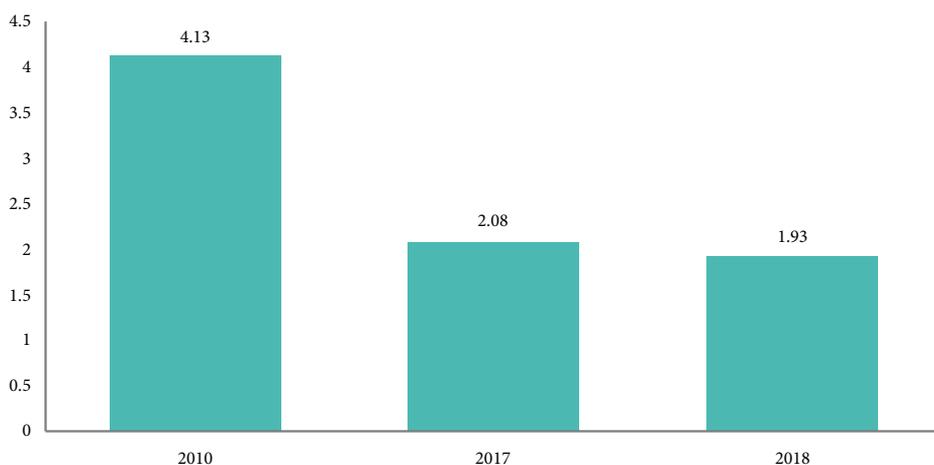


Fuente: Volkswagen Corporation.

El gráfico 104 presenta las emisiones de CO₂ en la producción de vehículos de las plantas automotrices del Corporativo Volkswagen ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar la existencia de una reducción significativa en las emisiones de CO₂ en el período analizado de 2010 a 2018, al pasar de 1 096 kilovatios hora por vehículo producido registrados en el año 2010 a 808 kWh por vehículo producido en el año 2017, y al registrarse nuevamente una disminución en las emisiones de CO₂ al pasar a 720 kilovatios hora registrados en el año 2018, lo cual permite establecer que las acciones establecidas por el Corporativo Volkswagen están generando buenos resultados, al reducir la emisión de

CO₂ en los últimos ocho años en 376 kilovatios hora por vehículo producido. Posiblemente esta cantidad pueda parecer muy pequeña, pero si se multiplica por la cantidad de vehículos producidos por el Corporativo Volkswagen en la totalidad de sus plantas durante un año, entonces serían millones de kilovatios hora que no se utilizaron en los procesos de producción, evitando la emisión de millones de toneladas de CO₂.

Gráfico 105. Emisiones de COV en la producción de vehículos del Corporativo Volkswagen (kg/vehículo).

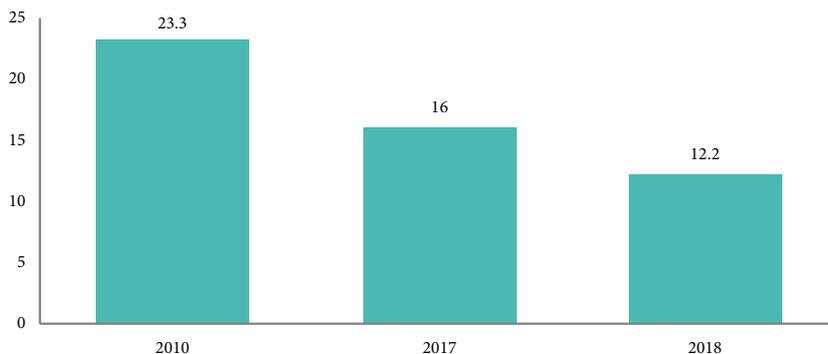


Fuente: Volkswagen Corporation.

El gráfico 105 exhibe las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en la producción de vehículos del Corporativo Volkswagen. Se observa una clara disminución de los COV en el período de 2010-2018, al pasar de 4.13 kilogramos de COV por vehículo producido registrados en 2010 a 2.08 kilogramos de COV por vehículo producido en el año 2017, y nuevamente, al generarse una disminución a 1.93 kilogramos de COV por vehículo producido en el año 2018. Esto permite establecer que, la implementación de las actividades de la economía circular en todas las plantas automotrices del Corporativo Volkswagen, ubicadas alrededor del mundo, está generando excelentes resultados al disminuir la cantidad de COV en los últimos ocho años en 2.2 kilogramos por vehículo producido. Si se multiplica esta cantidad por la totalidad de vehí-

culos producidos durante los últimos ocho años del Corporativo Volkswagen, entonces se tendrían millones de kilogramos de COV que se dejaron de generar y enviarse a la atmósfera, mejorando con ello el medioambiente y el desarrollo sustentable global.

Gráfico 106. Residuos generados en la producción de vehículos del Corporativo Volkswagen (kg/vehículo).



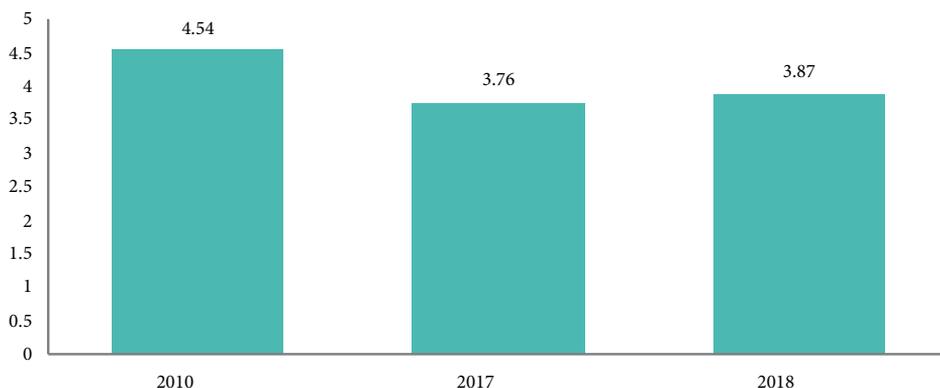
Fuente: Volkswagen Corporation.

El gráfico 106 señala los residuos sólidos generados en la producción de vehículos nuevos en el Corporativo Volkswagen. Se puede observar una reducción significativa en la emisión de los residuos sólidos en el período de 2010 a 2018, al pasar de un registro de 23.3 kilogramos de residuos sólidos por vehículo producido en el año 2010 a 16 kilogramos de residuos sólidos por vehículo producido en el año 2017, y al reducirse nuevamente en el año 2018 registrando 12.2 kilogramos, lo cual significa una disminución de 11.1 kilogramos de residuos sólidos por vehículo producido. Al multiplicar esta cantidad por la totalidad de vehículos producidos durante los últimos ocho años del Corporativo Volkswagen, entonces se tiene una reducción de miles de toneladas de residuos sólidos industriales que se han dejado de producir, evitando con ello una mayor contaminación del medioambiente.

El gráfico 107 indica el consumo de agua potable en la producción de vehículos del Corporativo Volkswagen en sus plantas automotrices ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar la existencia de una disminución sustancial en el consumo de agua en los últimos ocho años, al pasar de 4.54 m³ del

consumo de agua por vehículo producido en el año 2010 a 3.76 m³ en el año 2017, e incrementarse levemente en el año 2018 al registrar una cantidad de 3.87 m³ de consumo de agua por vehículo producido. Lo cual representa una pequeña disminución de 0.67 m³ del consumo de agua potable por vehículo producido, pero si se multiplica esta pequeña cantidad por la totalidad de vehículos producidos en los últimos ocho años por parte del Corporativo Volkswagen, entonces se tendría una cantidad de ahorro de agua potable de millones de m³, evitando con este tipo de acciones una degradación mayor del medioambiente y la emisión de contaminantes a la atmósfera.

Gráfico 107. Consumo de agua en la producción de vehículos del Corporativo Volkswagen (m³/vehículo).



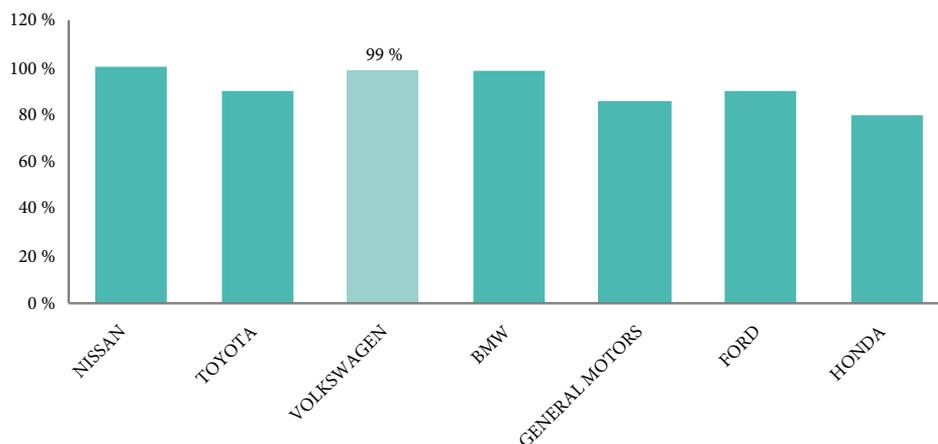
Fuente: Volkswagen Corporation.

Volkswagen de México

Volkswagen de México es una de las empresas automotrices más representativas de la industria automotriz del país, ya que tiene más de tres décadas de haberse instalado en México y de aportar un porcentaje importante al PIB de la industria manufacturera nacional al generar miles de empleos y divisas mediante la exportación de sus vehículos a los distintos mercados del mundo. Además, Volkswagen de México tiene una importante participación del mercado nacional con la venta de algunos de sus modelos clásicos como el Volks-

wagen Jetta, pero también con la venta de nuevos modelos que incorporan la tecnología más avanzada a nivel global y buenos sistemas de seguridad, lo cual ha posicionado a los vehículos de Volkswagen de México como los que tienen un excelente rendimiento en el consumo de combustibles, los de menor emisiones de CO₂ al medioambiente y los más ecológicos, lo que no es de extrañar, dada la adopción e implementación de actividades de la economía circular en su planta ubicada en la ciudad de Puebla. En los gráficos y figuras que se presentan a continuación se aprecia mejor la adopción e implementación de las actividades de la economía circular por parte de Volkswagen mexicana.

Gráfico 108. Residuos sólidos industriales reutilizados por Volkswagen de México.

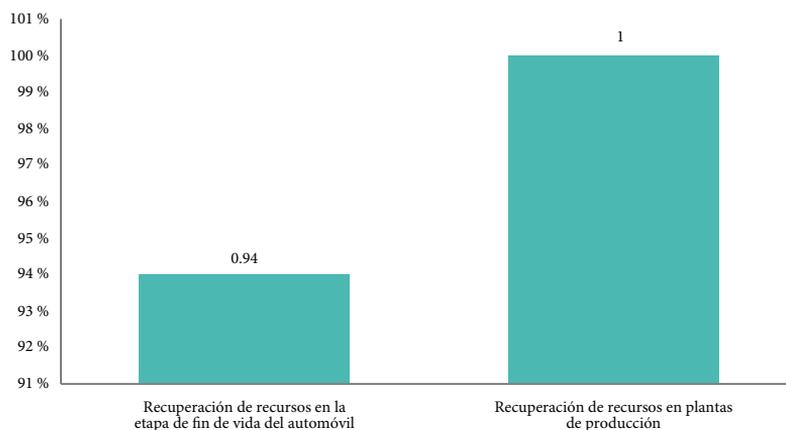


Fuente: Elaboración propia con datos de las empresas armadoras de automóviles.

El gráfico 108 muestra los residuos sólidos industriales reutilizados por Volkswagen en su planta automotriz ubicada en el país. Se puede observar que se recicla el 99 % del total de los residuos sólidos industriales que se generan en las plantas automotrices, pues solo se genera el 1 % de desechos industriales lo cual permite inferir que las acciones y actividades del cuidado del medioambiente que se están realizando en la planta automotriz están generando resultados positivos. Asimismo, esta información indica que Volkswagen de México está realizando un manejo integral de los residuos sólidos industriales que genera al disminuirlos a un 99 %. Ello es derivado de las acciones de reducción de residuos sólidos desde su origen, el incremento del aprovechamiento de los

residuos en los procesos de producción de los vehículos nuevos, así como de la implementación de una campaña de concientización entre todo el personal de la organización sobre el manejo y separación adecuada de los residuos sólidos industriales para facilitar su reciclaje y reutilización.

Gráfico 109. Reciclajes de materiales y materias primas por Volkswagen de México.



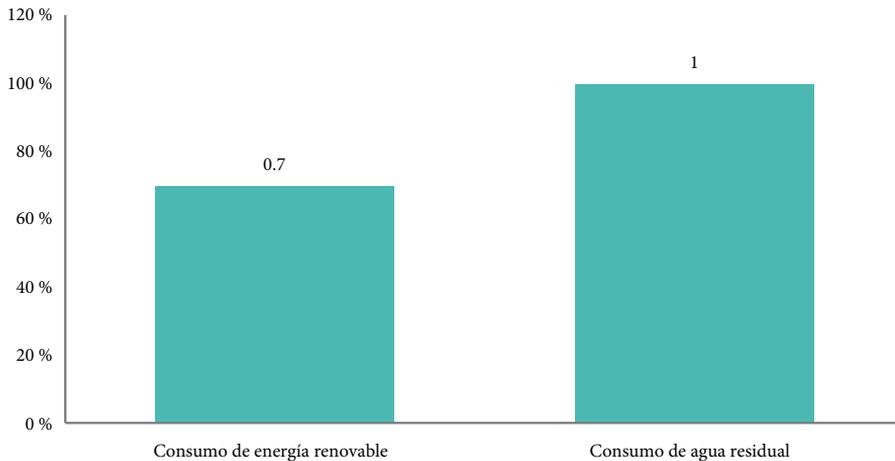
Fuente: Volkswagen Corporation.

El gráfico 109 revela el reciclaje de materiales y materias primas de Volkswagen de México. Se puede observar que la recuperación de los recursos en la etapa final del ciclo de vida de los vehículos es del 94 %, mientras que la recuperación de los recursos en las plantas de producción es del 100 %, lo cual indica que las distintas acciones y actividades que se están implementando en la planta de Puebla de Volkswagen de México, están generando resultados excelentes en la recuperación de los materiales y materias primas que se obtienen al reciclar los residuos sólidos industriales. Evitando, con este tipo de acciones, que un alto porcentaje de desechos industriales tengan como destino los vertederos municipales, así como ayudando a que se reduzca el nivel de contaminación del medioambiente y se mejore significativamente el desarrollo sustentable, no solamente de la planta automotriz de Volkswagen de México, sino también en la ciudad de Puebla donde se encuentra establecida.

El gráfico 110 despliega los datos de consumo de la energía renovable utilizada en los procesos productivos en la planta automotriz de Volkswagen ubicada

da en la ciudad de Puebla. Se observa que el 70 % del total de la energía utilizada por las plantas proviene de fuentes renovables, mientras que el 100 % del consumo de agua se recicla y reutiliza en los procesos productivos. Esto permite establecer que, una vez que se utiliza el agua potable en los procesos de producción, las aguas residuales se reciclan para reutilizarse en la producción de vehículos, los cuales se producen con la utilización de un 70 % de energías renovables, lo que, a su vez, evita la emisión de miles de toneladas de CO₂ y otros contaminantes a la atmósfera, mejorando con este tipo de acciones tanto el nivel del medioambiente como el desarrollo sustentable, no solamente de las planta automotriz, sino también de la localidad donde se ubica.

Gráfico 110. Energía renovable utilizada por Volkswagen de México.



Fuente: Volkswagen Corporation.

La figura 40 indica el proceso para el reciclaje de la arena que se utiliza en la fundición en la planta automotriz de Volkswagen de México. Se puede observar que inicia con el proceso de reciclaje, pasando posteriormente al área de fundición de la organización, en seguida se envía la arena con el proveedor para, posteriormente, recibirse otra vez en las distintas plantas y utilizarse en los estacionamientos. Por lo tanto, Volkswagen de México reutiliza la arena que se desecha después de haberse utilizado como insumo en el proceso de producción de los vehículos. Después de su ciclo de vida útil se aprovecha la are-

na para la producción de adoquín, ya que la organización tomó la decisión de que los estacionamientos de su planta ubicada en la ciudad de Puebla fueran cubiertos con adoquín a partir del año 2009, lo cual le ha permitido reciclar y reutilizar la arena, no en los procesos de producción, pero sí en las mismas instalaciones de su planta automotriz.

Figura 40. Reciclaje de arena de fundición en Volkswagen de México.



Fuente: Adaptado de Volkswagen Corporation.

Asimismo, Volkswagen de México busca reducir su *huella de carbono* —totalidad de los gases de efecto invernadero emitidos en la producción de vehículos—, a través de una búsqueda constante de nuevos materiales y materias primas que puedan ser reutilizados en sus distintos procesos de producción. Prueba de ello es que a partir del año 2010 inició con el proceso de reciclaje de las lonas de los espectaculares donde promocionan sus vehículos, las cuales se entregan a una asociación sin fines de lucro, quien las transforma en bolsas que son vendidas a la sociedad para obtener los recursos que les permitan financiar sus programas de protección de las guacamayas verdes. Además, Volkswagen de México también reutiliza el polietileno, el cual es entregado a un proveedor externo para la elaboración de escobas, bolsas de plástico y cubiertas para los baños que se utilizan en las plantas automotrices, lo mismo hace con las llantas, las cuales también son recicladas tanto al interior de la planta como en las concesionarias.

La figura 41 indica el reciclaje del agua potable hecho por Volkswagen de México en su planta automotriz. Se observa el proceso de extracción y compensación del agua para que esté en condiciones de poderse utilizar en la producción de vehículos, ya que el objetivo esencial de Volkswagen de México es contribuir en la reducción del cambio climático y de los problemas del suministro de agua potable. Por lo cual, su estrategia se basa en reducir el consumo de agua potable, mejorar la calidad de las aguas residuales que se descargan a los ríos y recuperar e infiltrar agua a los mantos acuíferos, de acuerdo con las siguientes acciones:

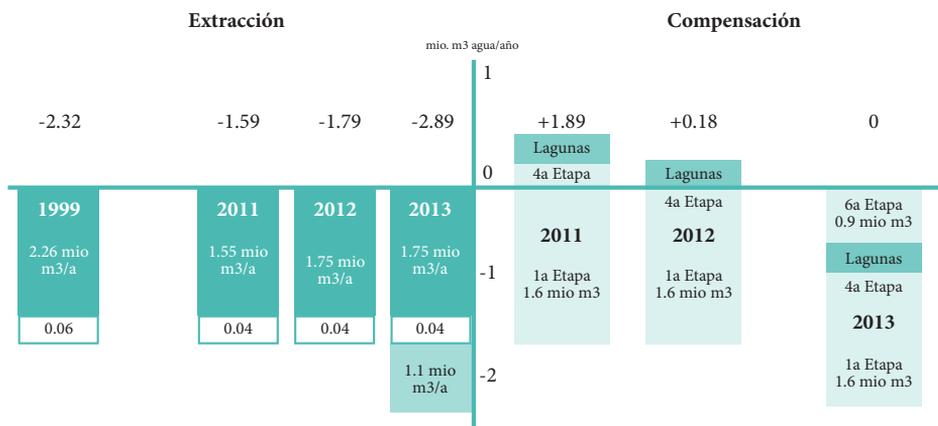
Reducción de consumo:

- Reciclaje de agua.
- Ósmosis inversa.
- Lagunas de captación.
- Canal pluvial.
- Reducción de consumo en sanitarios y duchas.
- Reúso de agua tratada por terceros.
- Difusión y concientización.

Descarga de agua:

- Drenajes separados.
- Mejoramiento de calidad.
- Reducción de uso de químicos.

Figura 41. Reciclaje del agua potable en Volkswagen de México.



442,379	510,041	615,000	601,050	Producción autos
5.11	3.04	2.85	2.85	Consumo m3/auto

- Infiltración Izta-Popo / 4a Etapa 0.120 m3
- 0.177 m3 Lagunas de retención e infiltración
- Extracción VW Puebla
- Extracción deportivo USD/TAC
- Consumo de empleados en Puebla

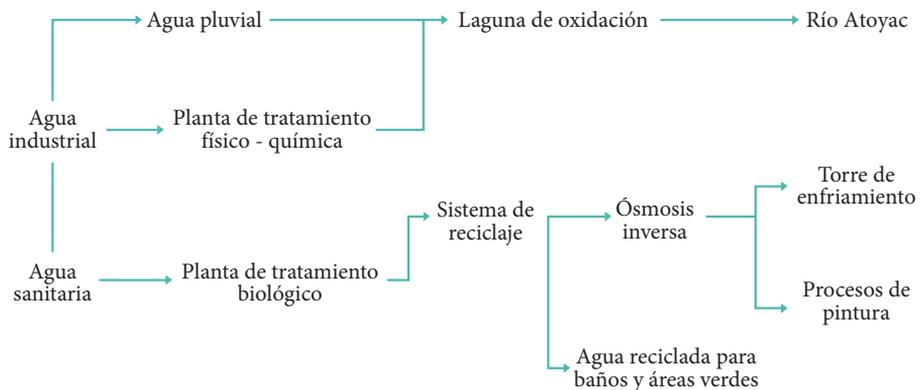
Fuente: Volkswagen Corporation.

Recarga de acuífero:

- Lagunas de regulación.
- Proyecto Izta-Popo.
- Proyecto en Silao.
- Pozos de infiltración.

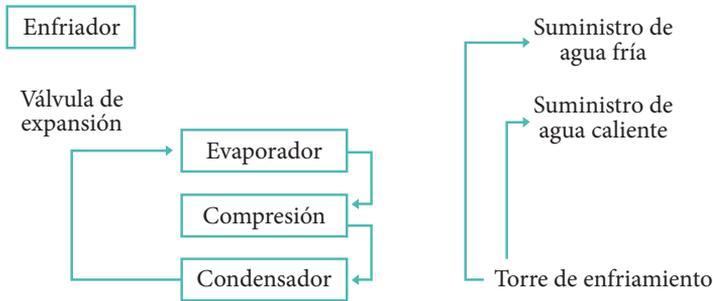
La figura 42 muestra el sistema de tratamiento de agua en la planta automotriz de Volkswagen de México. Se puede observar el proceso que se sigue para el tratamiento del agua a través del canal pluvial que tiene la organización para el aprovechamiento del agua de lluvia desde al año 2010. Asimismo, el agua pluvial que es captada en el techo en una de las naves de producción se purifica y se almacena en cisternas a través de un sistema de filtración por medio de distintas capas de pasto, tierra vegetal, grava, revestimiento liner y malla geotex. Además, una vez que se ha filtrado el agua pluvial generalmente se utiliza en los sanitarios, procesos de producción y en las torres de enfriamiento de las naves de la planta de Volkswagen de México, la cual tiene una capacidad de recuperación del agua pluvial, en tiempo de lluvia, de entre 50 y 100 m³ por día, permitiendo con ello un ahorro importante del uso de agua potable.

Figura 42. Sistema de tratamiento de agua en Volkswagen de México.



Fuente: Adaptado de Volkswagen Corporation.

Figura 43. Torre de enfriamiento del agua en Volkswagen de México.

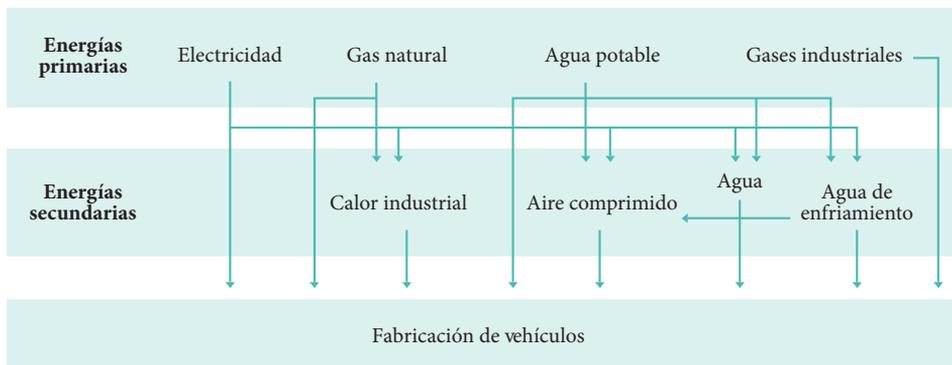


Fuente: Adaptado de Volkswagen Corporation.

La figura 43 muestra la torre de enfriamiento del agua de la planta Volkswagen de México. Se observa el proceso que sigue tanto el agua potable como el agua pluvial para enfriar las naves de producción que están cercanas a la torre de enfriamiento. Esta torre de enfriamiento tiene como objetivo principal generar un ahorro importante de energía a través del enfriamiento de las naves de producción, aprovechando el 100 % del agua pluvial que es captada en este sistema lo cual le ha permitido a la planta Volkswagen de México un ahorro del 40 % en el consumo de agua potable y una cantidad sustancial de energía, evitando con este tipo de acciones la emisión de miles de toneladas de CO₂ y otros contaminantes a la atmósfera, así como contribuir a la sociedad de la localidad donde se ubica la planta en la mejora significativa tanto del medioambiente como del nivel de desarrollo sustentable.

La figura 44 indica el suministro de energía en la planta Volkswagen de México. Se observa el proceso requerido para la generación de esta, ya que el consumo de energía en la empresa Volkswagen de México consiste en una adecuada administración de los recursos energéticos que son utilizados en los procesos de producción, con la finalidad de reducir lo máximo posible su uso y buscar nuevas fuentes de energía para optimizar su consumo, reducir los costos de producción y mejorar la protección del medioambiente. Asimismo, las acciones y actividades realizadas en la planta automotriz de Volkswagen de México le han permitido a la organización un ahorro cercano al 20 % del total del consumo energético, evitando con ello el uso de los recursos no renovables en la generación de energía y la degradación medioambiental.

Figura 44. Suministro de energía en Volkswagen de México.



Fuente: Adaptado de Volkswagen Corporation.

Figura 45. Programa ambiental Think Blue en Volkswagen de México.

Think Blue

Conservar lo verde es pensar en azul

Es una estrategia ecológica integral de la marca orientada a generar:

Productos y soluciones	Conciencia ecológica	Proyectos e iniciativas
Productos y tecnologías Blue Motion Technologies: -TSI y DSG -Turbodiesel -Híbridos -Eléctricos Think Blue Factory -Producción sustentable -Manejo integral del agua -Emisiones a la atmósfera -Ahorro de energía y CO ₂ -Residuos industriales	-Recomendaciones para el ahorro de combustible y manejo eficiente -Interacción con el público -Educación ambiental	-Proyectos Izta-Popo Sierra de Lobos -Compensación del consumo de agua y reforestación -Reciclaje de llantas -Vivero -Monedero ecológico -Por amor al planeta -Apoyo a la investigación de la biodiversidad en México

Fuente: Volkswagen Corporation.

La figura 45 muestra el programa ambiental Think Blue implementado en la planta automotriz de Volkswagen de México. Se pueden observar las tres acciones sustanciales para conservar el medioambiente: producción y solucio-

nes; conciencia ecológica; proyectos e incentivos. Además, para lograr estas tres acciones la planta automotriz de Volkswagen de México está implementando cuatro actividades enmarcadas en el slogan *conservar lo verde es pensar en azul*, siendo estas las siguientes: 1) comunicamos nuestras ideas; 2) estamos dispuestos a escuchar nuevas propuestas ecológicas; 3) cada persona puede desempeñar un papel importante, y 4) un pequeño cambio de hábito hace una gran diferencia en la conservación del medioambiente. Estas cuatro actividades tienen como objetivo principal mejorar significativamente tanto el medioambiente como el nivel del desarrollo sustentable de la organización y de la localidad donde se ubica la planta automotriz de Volkswagen de México.

4. La economía circular en BMW

BMW es sinónimo de prestigio a nivel mundial y, en la industria automotriz, es una de las marcas de vehículos de alta gama más preferidas por los consumidores globales, ya que los vehículos que fabrica no solo incorporan la tecnología más moderna de la industria existente en el mercado, sino que también son los vehículos que incorporan sistemas de máxima seguridad, de ahí su nivel de importancia mundial. Asimismo, BMW es una de las empresas automotrices pioneras en el desarrollo tecnológico y de innovación en distintos sistemas electrónicos y dispositivos de la industria automotriz, los cuales han sido burdamente imitados y/o incorporados en diferentes marcas de automóviles sin conseguir el rendimiento y nivel de seguridad que tienen los vehículos BMW. Además, también ha desarrollado importantes innovaciones en los esquemas de comercialización y ventas de sus vehículos, los cuales ha implementado no solamente en sus plantas ubicadas en Europa, sino también en las distintas plantas automotrices que tiene ubicadas alrededor del mundo, entre ellas la planta automotriz ubicada en México, lo cual le proporciona una diferenciación de producción y ventas de las demás empresas automotrices.

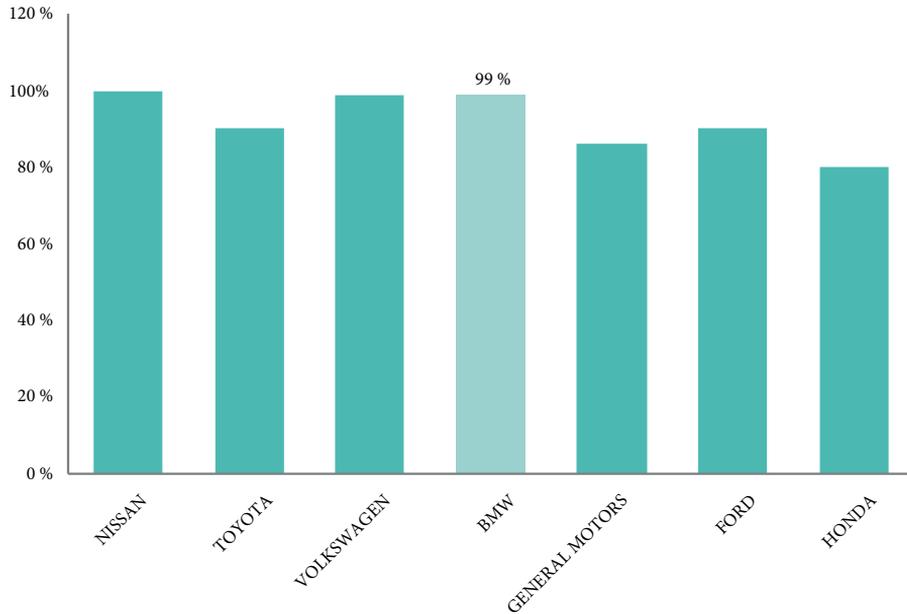
Es importante establecer que la búsqueda de información referente a la implementación de las distintas actividades de la economía circular en el Grupo BMW, se centró prácticamente en la información contenida en su página web, en la cual se localizó información muy importante y valiosa y se extrajo aquella que está estrechamente relacionada con las prácticas de la economía circular en la organización. Asimismo, mucha de la información que se en-

cuentra en la página web de BMW en su planta ubicada en México, es relativamente la misma información que contiene la página web del Corporativo BMW, por lo cual será imposible que se pueda comparar la información del Grupo BMW y aquella información de BMW México. Debido a ello se analizará la información en su conjunto ofreciendo al lector de este libro un panorama general de la adopción e implementación de las diversas actividades que integran la economía circular del Grupo BMW y de BMW México.

Adicionalmente, en los siguientes apartados se presentará solo aquella información que está totalmente relacionada con las actividades de la economía circular, ya que no es posible la separación de la información del Grupo BMW y de BMW México, porque la planta de BMW ubicada en San Luis Potosí es una planta nueva que inició operaciones en el año 2019. De igual manera, se analizará detalladamente la información que se presente en los gráficos, tablas y figuras tratando de explicar, de la forma más sencilla posible, para que el lector de esta obra comprenda mejor la importancia que tienen las distintas actividades de la economía circular tanto para la reducción del nivel de contaminación y mejora significativa del medioambiente de las localidades donde se ubican las plantas armadoras de vehículos, como para la reducción del nivel del cambio climático en beneficio de la sociedad en general.

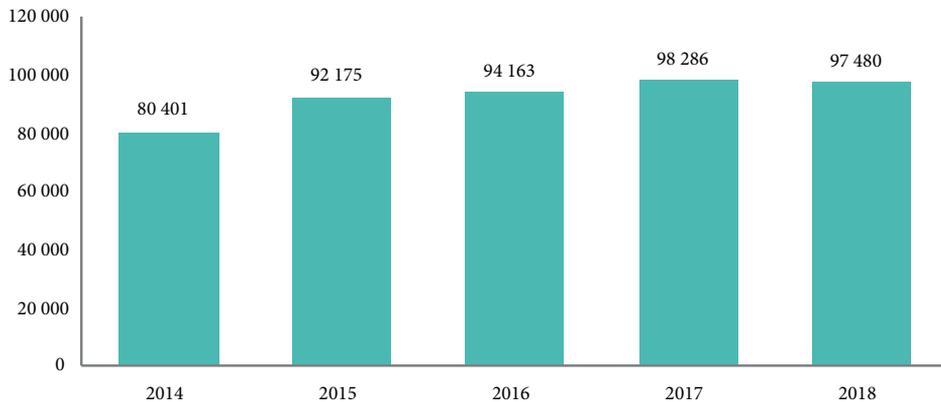
El gráfico 111 muestra los residuos sólidos industriales reutilizados en las diferentes plantas automotrices del Grupo BMW ubicadas alrededor del mundo, entre las que se encuentra la planta automotriz ubicada en México. Se puede observar que el 99 % del total de los residuos sólidos generados por el Grupo BMW son reciclados y reutilizados en los distintos procesos productivos, lo cual permite establecer que las acciones y actividades de la economía circular que se están implementando en las distintas plantas automotrices están dando buenos resultados, ya que solamente el 1 % del total de los residuos sólidos que genera el Grupo BMW son desechados y enviados a los vertederos municipales. Esto ha evitado la emisión de cientos de toneladas de CO₂ y otros contaminantes peligrosos que son emitidos a la atmósfera, vertederos municipales y mantos acuíferos, mejorando con este tipo de acciones no solamente el medioambiente y el nivel del desarrollo sustentable de la organización, sino también de todas aquellas localidades donde se ubican las plantas automotrices del Grupo BMW.

Gráfico 111. Residuos sólidos industriales reutilizados por el Grupo BMW.



Fuente: Elaboración propia con datos de las empresas armadoras de automóviles.

Gráfico 112. Ingresos del Grupo BMW (millones de euros).



Fuente: Grupo BMW.

El gráfico 112 indica los ingresos obtenidos por las ventas de vehículos del Grupo BMW en la totalidad de sus plantas ubicadas alrededor del mundo, incluida la planta de BMW México. Se puede observar la existencia de un incremento significativo durante el período de 2014-2018, al pasar de 80 401 millones de euros de ingresos registrados en el año 2014 a 94 163 millones de euros de ingresos en el año 2016, para incrementarse nuevamente en el año 2017 al registrar una cantidad de 98 286 millones de euros en ingresos, reduciéndose ligeramente en el año 2018 a 97 480 millones de euros de ingresos. Lo anterior permite establecer que los ingresos por las ventas de vehículos del Grupo BMW se incrementaron en un 21.24 % en los últimos cinco años, lo cual representa un aumento sustancial en la participación del mercado mundial.

Gráfico 113. Beneficios antes de impuestos del Grupo BMW (millones de euros).



Fuente: Grupo BMW.

El gráfico 113 expone los beneficios antes de los impuestos obtenidos por el Grupo BMW en la venta de vehículos en la totalidad de sus plantas ubicadas alrededor del mundo, incluida la planta BMW México. Se observa un crecimiento significativo en los beneficios antes de impuestos por la venta de los vehículos durante el período 2014-2018, al pasar de un registro de 8 707 millones de euros de beneficios en el año 2014 a 9 665 en el año 2016, para incrementarse nuevamente a una cantidad de 10 675 millones de euros de ingresos registrados en el año 2017, pero se tuvo una reducción ligera en el año de 2018

al registrar 9 815 millones de euros de beneficios antes de impuestos por la venta de vehículos. Lo anterior significa que el Grupo BMW registró un incremento del 12.72 % (1 108 millones de euros de beneficios antes de impuestos) de sus ingresos antes de impuestos por la venta de vehículos en los últimos cinco años, ingresos que le permiten tener los recursos financieros necesarios para el desarrollo de tecnología, innovación y la mejora del nivel del medioambiente y el desarrollo sustentable.

Gráfico 114. Volumen de ventas de automóviles del Grupo BMW (miles de unidades).

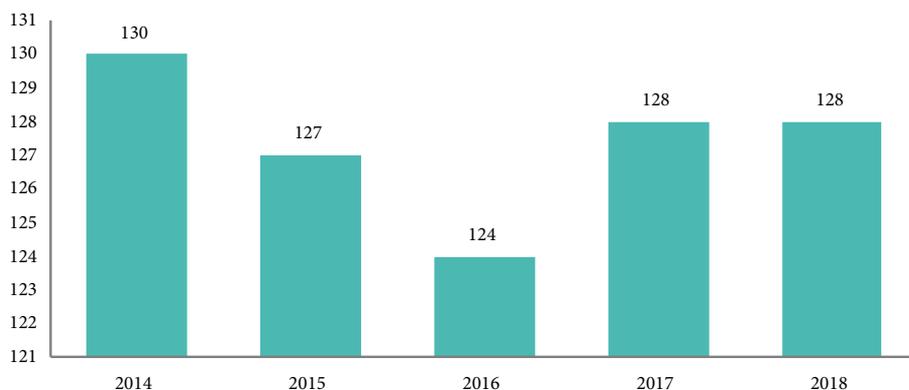


Fuente: Grupo BMW.

El gráfico 114 revela el volumen de ventas de automóviles del Grupo BMW en la totalidad de sus plantas automotrices ubicadas alrededor del mundo, entre las que se encuentra la ubicada en México. Se puede observar un incremento sustancial en el volumen de ventas en los últimos cinco años, al pasar de un registro de 2 118 000 vehículos vendidos durante el año 2014 a 2 367 500 vehículos vendidos en el año 2016, para registrar nuevamente otro incremento en el año 2017 de 2 463 500 vehículos vendidos y aumentar otra vez a 2 490 700 en el año 2018, lo cual representó un incremento significativo del 17.29 % (372 700 vehículos vendidos) en las ventas de vehículos durante los últimos cinco años, permitiéndole al Grupo BMW una mayor participación del mercado mundial y la venta de vehículos que no solamente son más eficientes en el consumo de

combustibles fósiles, sino que también tienen un bajo nivel de emisiones de CO₂ a la atmósfera, cuidando, con este tipo de acciones, tanto del medioambiente como del desarrollo sustentable.

Gráfico 115. Emisiones de CO₂ de los vehículos del Grupo BMW en Europa (miles de toneladas).



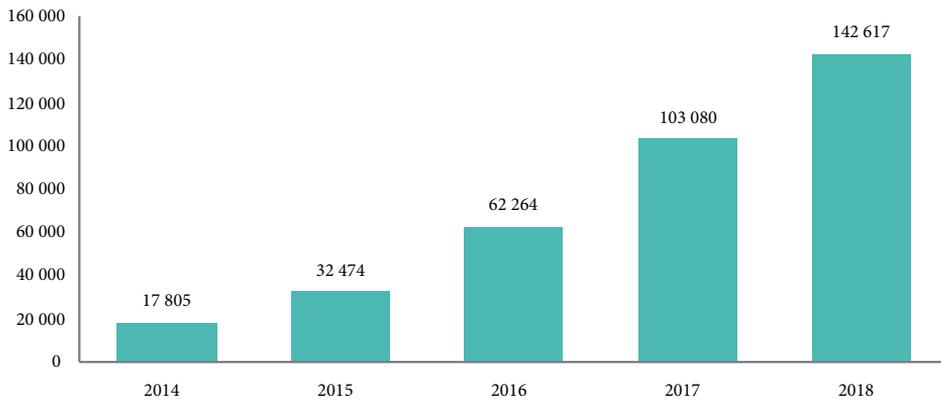
Fuente: Grupo BMW.

El gráfico 115 presenta las emisiones de CO₂ de los vehículos del Grupo BMW de las plantas automotrices ubicadas en Europa. Se observa una disminución significativa en las emisiones de CO₂ en los primeros tres años, al pasar de 130 000 toneladas de CO₂ registradas en el año 2014 a 124 000 toneladas de CO₂ en el año 2016, para incrementarse a 128 000 toneladas de CO₂ en el año 2017 y permanecer igual en el año 2018 con las mismas 128 000 toneladas de CO₂. Esto, permite establecer que las diferentes acciones realizadas por el Grupo BMW en los primeros tres años generaron excelentes resultados, pero algunas actividades no se gestionaron adecuadamente lo cual permitió la existencia de un incremento significativo de emisiones de CO₂ en los dos siguientes años, por lo cual se tienen que adecuar para reducir este tipo de emisiones.

El gráfico 116 enseña las ventas de vehículos eléctricos del Grupo BMW producidos en las plantas ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar un incremento significativo en la cantidad de vehículos vendidos en los últimos cinco años, al pasar de un registro de 17 805 vehículos eléctricos vendidos en el año 2014 a 62 264 vehículos eléctricos vendidos en el año 2016, e incrementarse otra vez en el año 2017 al registrar 103 080 vehículos eléctricos vendidos

y nuevamente registrar un incremento importante en el año 2018 al registrar 142 617 vehículos eléctricos vendidos en el mercado mundial. Lo anterior permite establecer que en los últimos cinco años las ventas de los vehículos eléctricos se incrementaron en ocho veces, es decir, aumentaron las ventas en 124 812 unidades, permitiendo con estos resultados que el Grupo BMW sea una de las empresas más importantes en la fabricación y venta de vehículos eléctricos a nivel mundial, dejando de emitir cientos de miles de toneladas de emisiones de CO₂ y otros contaminantes a la atmósfera, protegiendo con ello el medioambiente y el desarrollo sustentable.

Gráfico 116. Venta de vehículos eléctricos del Grupo BMW (unidades).

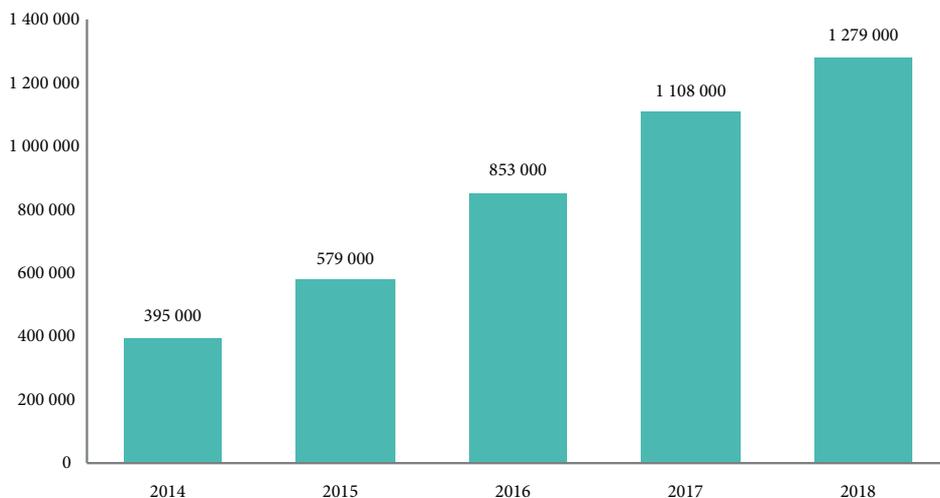


Fuente: Grupo BMW.

El gráfico 117 muestra la cantidad de usuarios de *DriveNow* y de *ReachNow* desarrollado por el Grupo BMW. Se observa un crecimiento exponencial en la cantidad de usuarios de los servicios tanto del *DriveNow* como del *ReachNow*, al pasar de 395 000 usuarios de ambos servicios en el año 2014 a 853 000 usuarios de ambos servicios registrados en el año 2016, para incrementarse nuevamente en el año 2017 a 1 108 000 usuarios de ambos servicios y otra vez aumentar a una cantidad de 1 279 000 usuarios de ambos servicios en el año 2018. Esta información permite establecer que el desarrollo de los servicios *DriveNow*, el cual consiste en la renta de vehículos a los usuarios por minuto, horas, días o semanas según sean las necesidades de los usuarios, y del *ReachNow*, que consiste en la renta de una flota de vehículos a las empresas o para el

uso de los ejecutivos de las empresas, según sus necesidades, ha tenido un éxito importante al aumentar en un poco más de tres veces las rentas de los vehículos en los últimos cinco años.

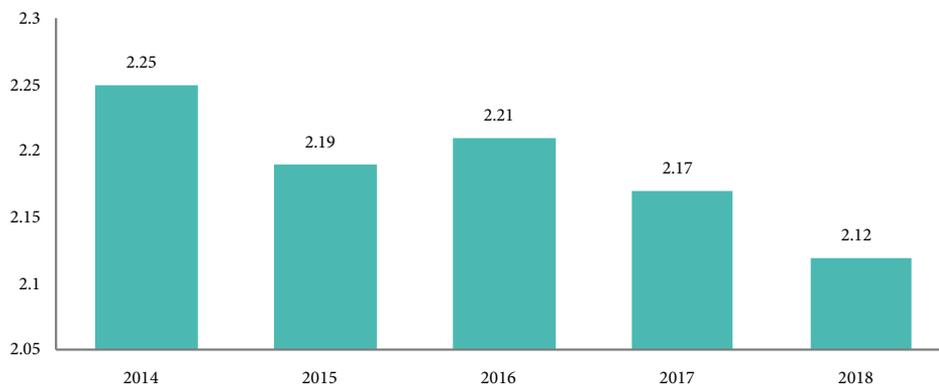
Gráfico 117. Usuarios de DriveNow y ReachNow del Grupo BMW (número de personas).



Fuente: Grupo BMW.

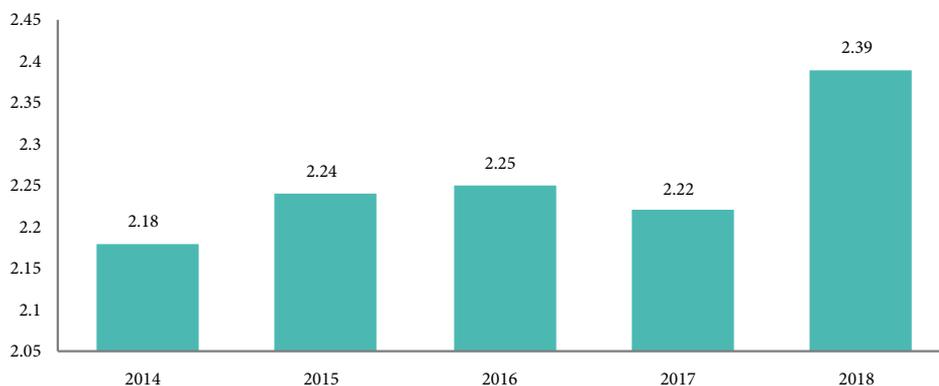
El gráfico 118 exhibe el consumo de energía por vehículo producido por el Grupo BMW en todas las plantas automotrices ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar una reducción en el año 2015 al registrar una cantidad de 2.19 megavatios por vehículo producido con respecto a los 2.25 megavatios por vehículo producido registrados en el año 2014, pero aumentó ligeramente en el año 2016 para alcanzar 2.21 megavatios por vehículo producido, se redujo otra vez en el año 2017 a 2.17 megavatios por vehículo producido, para nuevamente disminuir la cantidad a 2.12 megavatios en el año 2018. Ello significa una reducción de 0.13 megavatios por vehículo producido en los últimos cinco años, lo cual representa una cantidad pequeña, pero si se multiplica esta cantidad por la totalidad de vehículos producidos en 2018, entonces la cantidad de megavatios por vehículo producido es mucho mayor.

Gráfico 118. Consumo de energía por vehículo producido por el Grupo BMW (MW/vehículo).



Fuente: Grupo BMW.

Gráfico 119. Consumo de agua por vehículo producido por el Grupo BMW (m³/vehículo).

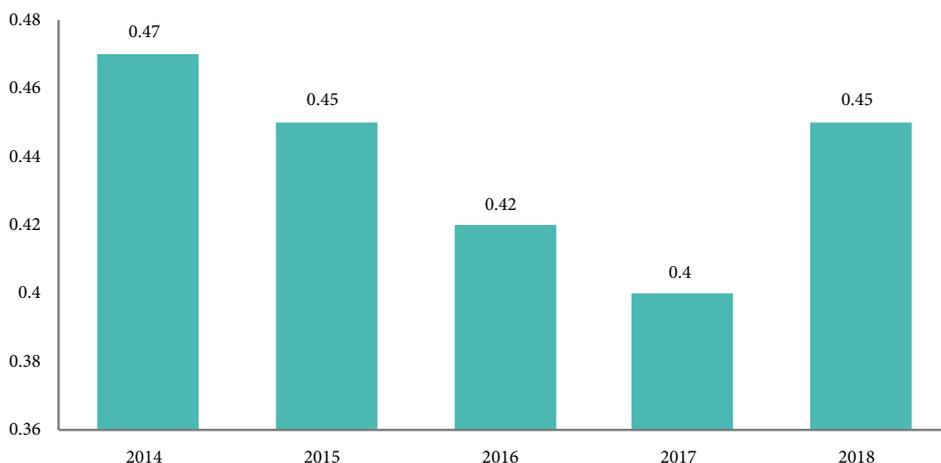


Fuente: Grupo BMW.

El gráfico 119 establece el consumo de agua potable por vehículo producido en la totalidad de las plantas automotrices del Grupo BMW ubicadas en los diversos países. Se observa un aumento significativo en el consumo de agua en los últimos cinco años, al pasar de 2.18 m³ de consumo de agua por vehículo producido en el año 2014 a 2.25 m³ de consumo de agua por vehículo produci-

do en el año 2016, disminuyendo en el año 2017 al registrar 2.22 m³ y aumentar nuevamente en el año 2018 a 2.39 m³ de consumo de agua por vehículo producido. Lo anterior permite establecer la existencia de un incremento importante en el consumo de agua en 0.21 m³ por vehículo producido en los últimos cinco años, pareciendo esta cantidad pequeña como no significativa, pero si se multiplica por la cantidad total de vehículos producidos solamente en el año 2018, entonces esta cantidad dejará de ser no significativa para convertirse en una cantidad sustancial en el consumo de agua en la producción e vehículos por parte de todas las empresas que integran el Grupo BMW.

Gráfico 120. Agua residual utilizada por vehículo producido por el Grupo BMW (m³/vehículo).

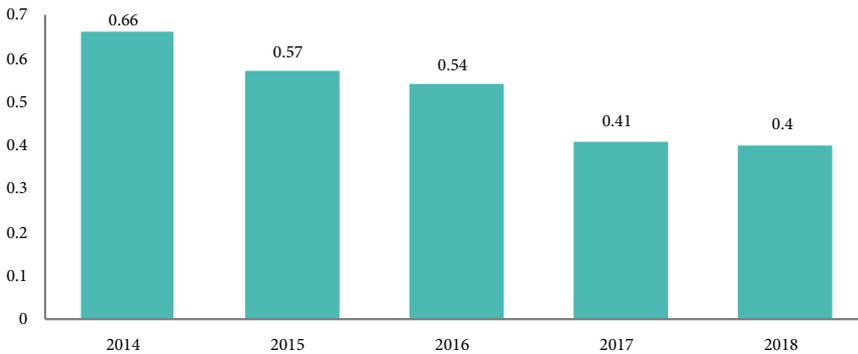


Fuente: Grupo BMW.

El gráfico 120 indica la cantidad de agua residual utilizada por vehículo producido en los últimos cinco años por el Grupo BMW. Se puede observar una reducción significativa en los primeros cuatro años del consumo de agua residual al pasar de 0.47 m³ de agua residual consumida por vehículo producido registrada en el año 2014 a 0.42 m³ de agua residual consumida por vehículo producido en el año 2016, reduciéndose nuevamente a 0.40 m³ de agua residual consumida por vehículo producido en el año 2017, e incrementándose ligeramente en el año 2018 al registrar 0.45 m³ de agua residual consumida por vehículo producido. Esto significa una leve reducción de 0.02 m³ de agua

residual consumida por vehículo producido en los últimos cinco años, pero si se multiplica esta pequeña cantidad por la totalidad de vehículos producidos en los últimos cinco años, entonces la cantidad de agua residual que se ha dejado de consumir en los procesos de producción de los vehículos del Grupo BMW aumenta significativamente, lo cual permite mejorar la naturaleza con la devolución de aguas residuales tratadas.

Gráfico 121. Emisiones de CO₂ por vehículo producido por el Grupo BMW (toneladas/vehículo).



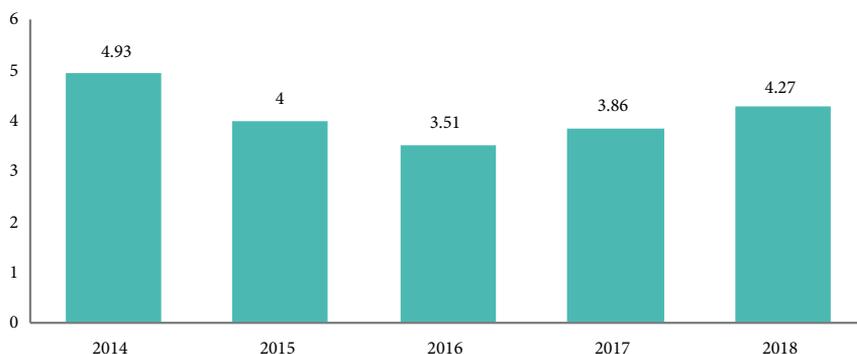
Fuente: Grupo BMW.

El gráfico 121 muestra las emisiones de CO₂ por vehículo producido por el Grupo BMW en la totalidad de sus plantas ubicadas en distintos países. Se observa la existencia de una baja significativa en las emisiones de CO₂, al pasar de un registro de 0.66 toneladas de CO₂ por vehículo producido en el año 2014 a 0.54 toneladas de CO₂ por vehículo producido en el año 2016, reduciéndose otra vez a 0.41 toneladas de CO₂ por vehículo producido en el año 2017 y nuevamente registrando una disminución en el año 2018 al registrarse 0.40 toneladas de CO₂ por vehículo producido. Ello significa una reducción sustancial de 0.26 toneladas de CO₂ por vehículo producido, si se multiplica esta cantidad por todos los vehículos producidos en los últimos cinco años, entonces la cantidad de emisiones de CO₂ que se han dejado de emitir a la atmósfera es demasiado elevada.

El gráfico 122 muestra los residuos sólidos eliminados por vehículo producido en la totalidad de las plantas automotrices del Grupo BMW ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar una reducción significativa de los re-

residuos sólidos industriales en los primeros tres años, al pasar de una registro de 4.93 kilogramos de residuos sólidos industriales por vehículo producido en el año 2014 a una cantidad de 3.51 kilogramos en el año 2016, incrementándose durante el año 2017 a 3.86 kilogramos de residuos sólidos industriales por vehículo producido, y nuevamente esta cantidad sufrió un incremento en el año 2018 al registrar 4.27 kilogramos de residuos sólidos industriales por vehículo producido. Lo cual, permite establecer en términos generales la existencia de una disminución significativa de 0.66 kilogramos de residuos sólidos industriales por vehículo producido en los últimos cinco años, posiblemente esta cantidad represente muy poco, pero si se multiplica por la totalidad de los vehículos producidos en los últimos cinco años entonces se tenga una cantidad significativa.

Gráfico 122. Residuos sólidos eliminados por vehículo producido por el Grupo BMW (kg/vehículo).

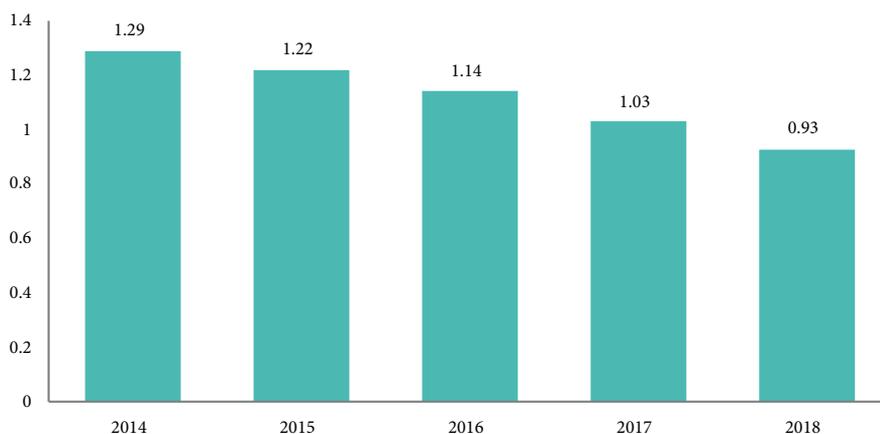


Fuente: Grupo BMW.

El gráfico 123 muestra los compuestos orgánicos volátiles por vehículo producido por el Grupo BMW en sus plantas automotrices ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar una clara disminución de los COV por vehículo producido, al pasar de un registro de 1.29 kilogramos de COV por vehículo producido en el año 2014 a 1.14 kilogramos de COV por vehículo producido en el año 2016, para reducirse nuevamente en el año 2017 al registrar 1.03 kilogramos de COV por vehículo producido, y otra vez lograr una reducción en 2018 al registrar una cantidad de 0.93 kilogramos de COV por vehículo producido. Lo an-

terior indica la existencia de una reducción significativa de 0.36 kilogramos de COV en los últimos cinco años, posiblemente la disminución de la cantidad sea muy pequeña, pero si se multiplica por la cantidad total de los vehículos que se produjeron en los últimos cinco años, entonces la cantidad disminuida de COV sean miles de toneladas, lo cual ahora sean una cantidad muy significativa de la reducción de las emisiones de contaminantes que son enviadas a la atmósfera.

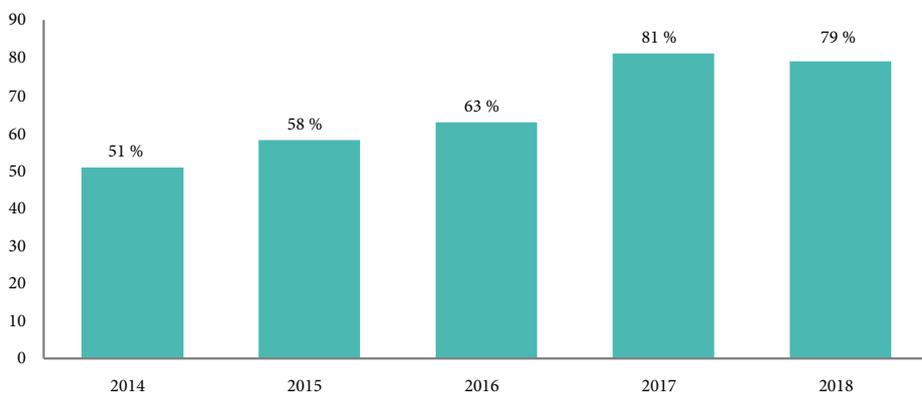
Gráfico 123. Compuestos orgánicos volátiles (COV) por vehículo producido por el Grupo BMW (kg/Vehículo).



Fuente: Grupo BMW.

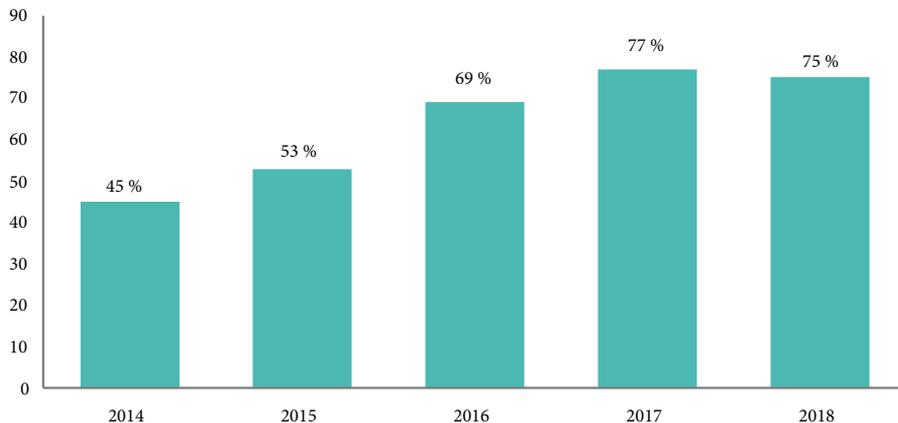
El gráfico 124 indica la proporción de energía renovable comprada a terceros por el Grupo BMW en sus plantas automotrices ubicadas en diversos países. Se observa la existencia de un crecimiento significativo en los últimos cinco años, al pasar de un registro de 51 % en la compra de energías renovables en el año 2014 a un 63 % en la compra de energías renovables en el año 2016, para incrementarse otra vez en el año 2017 al registrar un porcentaje del 81 % en la compra de energías renovables y, nuevamente, tener otro incremento en el año 2018 al registrar un 79 % en la compra de energías renovables a otras empresas. Esto permite establecer que el Grupo BMW incrementó sustancialmente la compra de energías renovables en un 28 % en los últimos cinco años y dejó de utilizar aquellas energías no renovables.

Gráfico 124. Proporción de energía renovable comprada a terceros por el Grupo BMW.



Fuente: Grupo BMW.

Gráfico 125. Volumen de compras de proveedores para la producción por el Grupo BMW.



Fuente: Grupo BMW.

El gráfico 125 muestra el volumen de compras a los proveedores para la producción de vehículos por el Grupo BMW en la totalidad de sus plantas ubicadas alrededor del mundo. Se observa la existencia de un incremento significativo en los primeros cuatro años analizados al pasar de un porcentaje del 45 %

en el volumen de compras registrado en 2014 a un porcentaje del 69 % en el volumen de compras obtenido en 2016, incrementándose nuevamente el porcentaje en 2017 a 77 % en el volumen de compras, pero este porcentaje se redujo ligeramente en el año 2018 al registrar un porcentaje del 75 % en el volumen de compras a los proveedores del Grupo BMW. Lo anterior permite establecer la existencia de un incremento sustancial en el volumen total de compras a los proveedores del 30 % en los últimos cinco años, generando, con este tipo de acciones, el desarrollo de la cadena de proveeduría al apoyar y desarrollar a sus proveedores con la compra de importantes volúmenes de materiales, materias primas y energías renovables para la producción de vehículos en México y en el resto de los países del mundo donde se encuentran ubicadas las distintas plantas automotrices del Grupo BMW.

La tabla 17 muestra la cadena de valor del Grupo BMW. Se puede observar el proceso de la totalidad de la cadena de valor de la producción no solamente de vehículos, sino también de motocicletas y los diversos servicios que proporciona a sus clientes, lo cual ha convertido al Grupo BMW en uno de los principales productores de automóviles de alta gama a nivel mundial. Además, dentro de las distintas acciones que realiza el Grupo BMW en la totalidad de sus plantas ubicadas en los diversos países, entre las que se encuentra la planta automotriz de México, están: 1) la fabricación de vehículos y motocicletas que son amigables con el medioambiente, a través de la compra de materiales y materias primas que sean respetuosas con el medioambiente y el desarrollo sustentable; 2) la reducción de aguas residuales y emisiones de contaminantes que perjudican el medioambiente; 3) el uso de materiales y materias primas recicladas; 4) el uso de transporte con bajas emisiones de CO₂; 5) la optimización de los nodos de transporte para llevar sus productos desde las plantas de producción a los centros de distribución y consumo; 6) la creación de un entorno de trabajo que fomente la salud a largo plazo y un alto rendimiento en el nivel de la producción; 7) la planeación y desarrollo de nuevos ciclos de movilidad; 8) la ingeniería del ciclo de vida de los productos, y 9) la garantía de la ciberseguridad y protección de los datos de los clientes. Todas estas acciones le están permitiendo al Grupo BMW ser una de las empresas pioneras en impulsar el cuidado del medioambiente y la mejora del nivel del desarrollo sustentable, tanto de la organización como de las localidades donde se ubican sus plantas productivas.

Tabla 17. Cadena de valor del Grupo BMW.

<i>Acciones</i>		<i>Investigación y desarrollo de productos y servicios</i>	<i>Cadena de suministro</i>	<i>Producción</i>	<i>Logística y transporte</i>	<i>Ventas y utilización de productos y servicios</i>	<i>Eliminación y reciclaje</i>
Descripción	Desarrollo de innovación, automóviles fascinantes, motocicletas y servicios.	Cooperación global con proveedores para crear:	Fabricación de automóviles y motocicletas por una fuerza laboral altamente experta y diversa.	Asegurar la logística de transporte orientada al cliente en la red de:	Gama de productos y servicios <i>premium</i> para movilización individual a través de:	Recuperación y desmantelamiento de vehículos para:	
Actividades principales	Diseño de vehículos. Planificación de la producción.	Módulos/ sistemas.	Construcción del motor.	Proveedores.	Coordinación de una red mundial de concesionarios / talleres de reparación.	Reutilización.	
	Desarrollo de series.	Componentes.	Carrocería.	Plantas.	Implementación de una mezcla de marketing coordinada y orientada al grupo objetivo.	Reciclaje y eliminación de componentes y materiales del vehículo.	
		Partes.	Pintura.	Distribuidores en todo el mundo a través de la combinación perfecta de varios modos de transporte.	Prestación de servicios financieros.		
		Materia prima.	Montaje.				
			Control de calidad.				
Áreas de acción	<p>Diseño de producto amigable con el medio ambiente.</p> <p>Diseño para reciclaje.</p> <p>Desarrollo de transmisiones más eficientes y alternativas (estrategia efficient dynamics).</p> <p>Planificación y desarrollo de nuevos servicios de movilidad.</p> <p>Drive conectado, redes digitales.</p> <p>Ingeniería del ciclo de vida.</p> <p>Garantía de ciberseguridad y protección de datos.</p>	<p>Implementación de estándares ambientales y sociales en la cadena de suministro.</p> <p>Promoción de la transparencia y la eficiencia de los recursos en la cadena de suministro.</p> <p>Compra de materias primas de fuentes respetuosas con el medio ambiente y la sociedad.</p> <p>Compra de materias primas renovables y materiales con características sostenibles, e. Sol. Aluminio secundario.</p>	<p>Reducción del consumo de recursos (energía, agua, residuos)</p> <p>Reducción del consumo de recursos (energía, agua, residuos).</p> <p>Reducción de aguas residuales y emisiones perjudiciales para el medio ambiente.</p> <p>Uso de material reciclado.</p> <p>Promoción del aprendizaje permanente y el desarrollo de habilidades clave entre los empleados.</p> <p>Promoción de la diversidad dentro de la empresa.</p> <p>Creación de un entorno de trabajo que fomente la salud a largo plazo y un alto rendimiento.</p>	<p>Producción en los mercados de venta.</p> <p>Aumento de la proporción de modos de transporte con bajas emisiones.</p> <p>Optimización de la capacidad de utilización de los modos de transporte.</p>	<p>Promoción de patrones de movilidad sustentables basados en: Información (por ejemplo, datos de consumo de combustible del vehículo) y capacitación en conducción eficiente en combustible.</p> <p>Unidad conectada.</p> <p>Servicios de movilidad en el área de la electromovilidad, 360 ° Eléctrico.</p> <p>Productos para compartir coche (drivenow).</p> <p>Servicios de asistencia de movilidad.</p> <p>Servicios de movilidad para promover el transporte intermodal.</p>	<p>Ampliación y gestión de una red de recuperación y reciclaje de vehículos.</p> <p>Investigación sobre reciclaje y uso de componentes de segunda vida (por ejemplo, plástico reforzado con fibra de carbono y baterías).</p>	

Fuente: Grupo BMW.

5. La economía circular en General Motors

General Motors es una de las empresas de la industria automotriz que fueron de las primeras en ubicarse en México. Es una de las empresas automotrices que tiene una aportación significativa en el PIB de la industria manufacturera de México, en la generación de empleos y en el crecimiento y desarrollo de la industria automotriz a nivel nacional, por lo cual no es posible hablar de la industria automotriz en México sin considerar a General Motors. Además, como parte esencial de la cultura empresarial de General Motors está el cuidado y protección del medioambiente de las comunidades donde se localizan sus plantas automotrices, por lo cual no es de extrañar que esta empresa haya adoptado e implementado diversas actividades que integran a la economía circular en la totalidad de sus plantas automotrices ubicadas en México y el resto de países desde ya hace bastante tiempo, lo que ha permitido a la empresa General Motors poner en práctica a la economía circular como parte de sus actividades cotidianas.

Asimismo, es importante establecer que el proceso de la búsqueda de toda aquella información relacionada directamente con las actividades de la economía circular que se están implementando en la actualidad en las plantas automotrices de General Motors ubicadas alrededor del mundo, entre ellas las establecidas en México, se centró especialmente en la página web de la empresa, de la cual se recabó información importante y esencial sobre la realización de la economía circular. Además, se efectuará una separación de la información de las prácticas de la economía circular aplicadas en las plantas automotrices del Corporativo General Motors, de aquella información de la economía circular que se ha adoptado e implementado exclusivamente en las distintas plantas automotrices establecidas en General Motors México, haciendo hincapié en que bastante de la información que se presentará del Corporativo General Motors, también se aplica en las plantas establecidas en México.

En este sentido, en los apartados siguientes se presentará la información más importante y que está totalmente relacionada con las distintas actividades que integran la economía circular separando, hasta donde sea posible, la información referente al Corporativo General Motors de aquella relacionada con las plantas automotrices de General Motors México. Asimismo, se analizará detalladamente la información que se encontró y se presentará en los gráficos, tablas y figuras tratando de explicar, de la forma más sencilla posible,

para que el lector de este libro tenga un panorama general y comprenda mucho mejor la importancia que tienen las distintas actividades de la economía circular, tanto para la reducción del nivel de contaminación como mejora significativa del medioambiente de las localidades donde se ubican las plantas armadoras de vehículos.

General Motors Corporation

General Motors Corporation es una de las primeras empresas automotrices que aparecieron en el panorama global. Algunos de sus marcas y modelos automotrices tienen una elevada reputación internacional al ser considerados como sinónimo de calidad y fortaleza, además, sus vehículos circulan por las principales avenidas y carreteras de casi todos los países del mundo. Asimismo, General Motors Corporation tiene como una de sus principales metas contribuir a la reducción del nivel del cambio climático, para lo cual está implementando distintos planes y acciones en sus diversas plantas automotrices ubicadas alrededor del mundo para el cuidado del medioambiente y del desarrollo sustentable, lo cual ha permitido posicionar a sus distintas plantas automotrices, entre las que se encuentran las plantas ubicadas en México, como una empresa socialmente responsable que tiene dentro de su misión y visión el cuidado del medioambiente, así como el desarrollo sustentable. Los siguientes gráficos y figuras presentan con mayor claridad las principales acciones realizadas por General Motors Corporation.

El gráfico 126 muestra la intensidad del uso de la energía y las emisiones de CO₂ de las plantas automotrices de General Motors, entre las que se encuentran las ubicadas en México. Se puede observar una disminución significativa en el uso de la energía al pasar de 2.31 megavatios hora por vehículo registrada en 2010 a 2.0 megavatios hora por vehículo en 2016, para incrementar ligeramente a 2.01 megavatios hora por vehículo en 2018 y tener como meta un registro de 1.85 megavatios hora por vehículo. Con respecto a las emisiones de CO₂ por cada vehículo producido sucede algo similar, ya que se registró una cantidad de 0.88 toneladas de CO₂ por vehículo producido en el año 2010, pasando a 0.74 toneladas de CO₂ por vehículo producido en el año 2016, reduciéndose nuevamente esta cantidad a 0.67 toneladas de CO₂ por vehículo producido en el año 2018 y teniendo como meta para el año 2020 una cantidad de 0.71 tone-

ladas de CO₂ por vehículo producido, lo cual indica que las acciones que está desarrollando General Motors sí están dando buenos resultados.

Gráfico 126. Intensidad del uso de la energía y las emisiones de CO₂ en General Motors.



Fuente: General Motors Company.

El gráfico 127 indica las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) de las plantas automotrices de General Motors ubicadas alrededor del mundo, entre las que se encuentran las establecidas en México. Se observa una reducción importante de las emisiones de COV en el período analizado, al pasar de 3.8 kilogramos de COV por vehículo producido registrados en 2010 a 2.8 kilogramos de COV por vehículo producido en, reduciéndose otra vez en 2018 al registrar una cantidad de 2.4 kilogramos de COV por vehículo producido, y teniendo como meta lograr una cantidad máxima de 3.4 kilogramos de COV por vehículo producido para 2020. Ello permite establecer que las acciones que está implementando General Motors Corporation están dando buenos resultados.

Gráfico 127. Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en General Motors (kilogramos/vehículo).



Fuente: General Motors Company.

Gráfico 128. Consumo de agua en la producción de vehículos de General Motors (m³/vehículo).

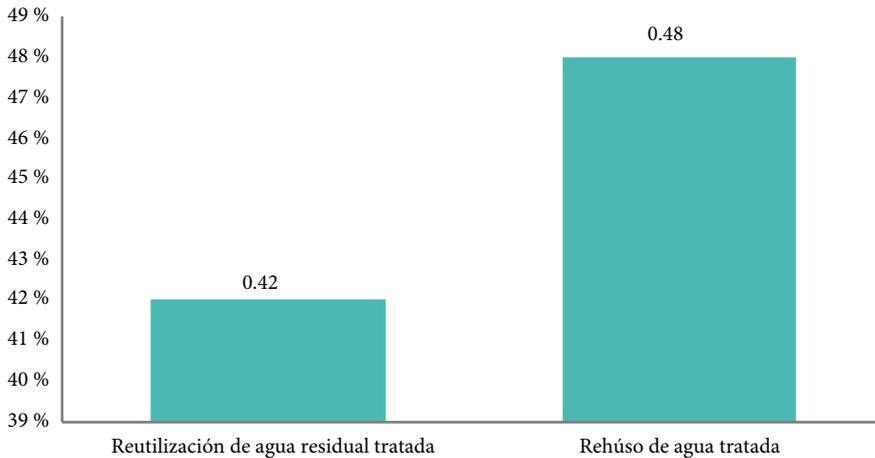


Fuente: General Motors Company.

El gráfico 128 expone el consumo de agua en la producción de vehículos de las distintas plantas automotrices de General Motors ubicadas alrededor del mundo, entre las que se encuentran las establecidas en México. Se puede observar una disminución significativa en el consumo de agua en el período analizado, al pasar de 4.77 m³ de agua por vehículo producido obtenido en el año

2010 a 4.13 m³ en el año 2016, e incrementándose ligeramente a 4.24 m³ de agua por vehículo producido en el año 2018, y teniendo como meta un consumo máximo de 3.82 m³ de agua por vehículo producido. Esto permite establecer que las distintas acciones que está implementando General Motors Corporation en sus diversas plantas automotrices ubicadas alrededor del mundo, no han permitido una reducción continua en el consumo de agua para la producción de vehículos, ya que aun cuando se ha reducido el consumo de agua por vehículo producido, también es cierto que este ha aumentado en algunos años, por lo cual se deduce que falta afinar más las acciones para que los resultados sean mejores.

Gráfico 129. Reutilización y reúso del agua tratada de General Motors.



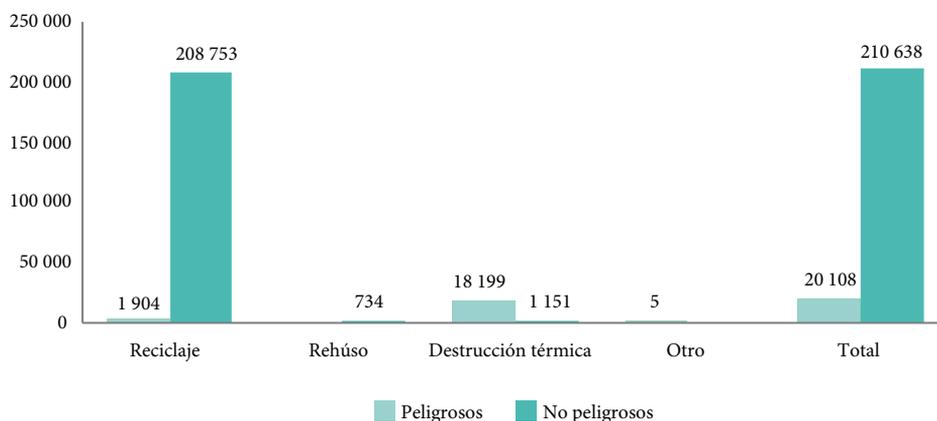
Fuente: General Motors Company.

El gráfico 129 revela la reutilización y reúso del agua tratada en las plantas automotrices que tiene el corporativo General Motors en distintos países, entre ellas las ubicadas en México. Se puede observar que el porcentaje de la reutilización del agua residual tratada es del 42%, mientras que el de reúso del agua tratada en los procesos de producción es del 48%. Esto permite establecer que alrededor de la mitad de la totalidad del agua tratada en las distintas plantas automotrices que tiene el corporativo General Motors en distintos países del mundo, entre los que se encuentra México, se reúsa en los procesos

productivos de los vehículos. Mientras que un poco más del 40 % de las aguas tratadas son reutilizadas en otro tipo de procesos en las plantas automotrices, como por ejemplo en la reutilización del agua para los sanitarios, para el enfriamiento de las torres o para el riego de las áreas verdes, por lo cual es posible inferir que el corporativo General Motors reutiliza el 100 % de la totalidad de las aguas residuales que generan sus plantas automotrices en los distintos procesos productivos.

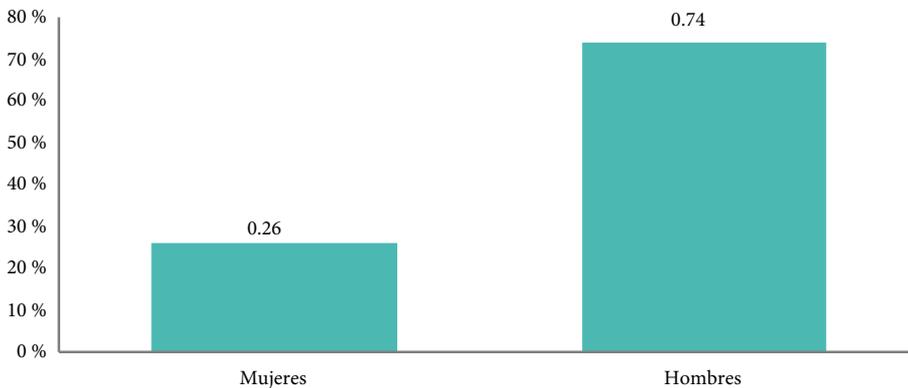
El gráfico 130 demuestra la disposición de residuos sólidos industriales por método de eliminación de las distintas plantas automotrices de General Motors establecidas alrededor del mundo. Se puede observar que se reciclaron 1 904 toneladas de residuos peligrosos y 208 753 toneladas de residuos sólidos no peligrosos, mientras que se reusaron 734 toneladas de residuos sólidos no peligrosos y ningún residuo sólido peligroso. En cuanto a la destrucción térmica se destruyeron 18 199 toneladas de residuos peligrosos y 1 151 toneladas de residuos sólidos no peligrosos, lo cual permite establecer que las plantas automotrices del corporativo General Motors reciclan y reúsan casi la totalidad de los residuos sólidos industriales no peligrosos, y solamente reciclan una pequeña parte de los residuos sólidos industriales peligrosos.

Gráfico 130. Disposición de residuos sólidos industriales por método de eliminación de General Motors.



Fuente: General Motors Company.

Gráfico 131. Género de los empleados de General Motors.



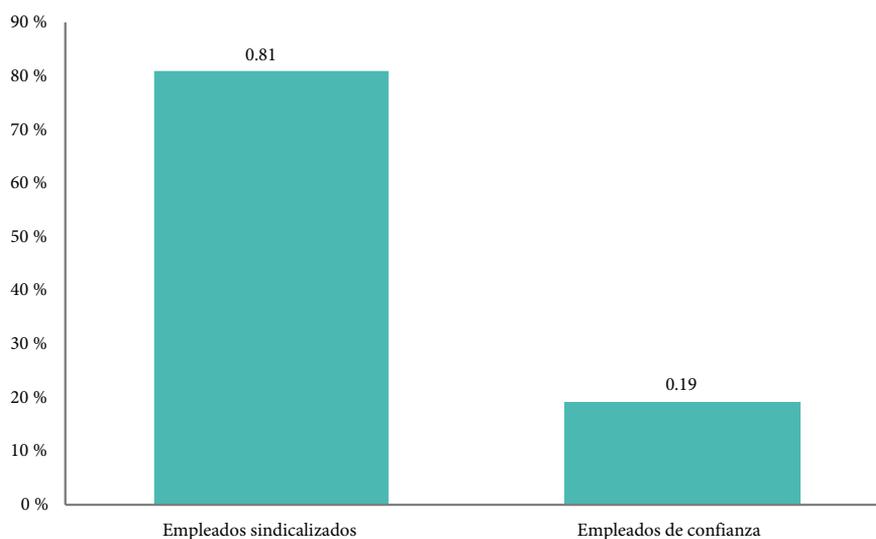
Fuente: General Motors Company.

El gráfico 131 indica el género de los empleados del corporativo General Motors en sus distintas plantas automotrices ubicadas en los diversos países, entre ellas las establecidas en México. Se observa que el 26 % del total de su personal son mujeres y el 74 % restante son hombres, lo cual permite establecer que alrededor de 3 de cada 10 empleados y trabajadores de las distintas plantas automotrices del corporativo General Motors ubicadas alrededor del mundo son mujeres. Ello representa un avance importante en una de las industrias que se caracteriza prácticamente por el trabajo masculino, además de que el trabajo que realizan las mujeres no solamente se orienta en las actividades operativas, sino también de producción y gestión, lo cual les permite un desarrollo profesional en todos los niveles de la organización, así como la aspiración de convertirse en parte de la alta gerencia que toma las decisiones de todo el corporativo de General Motors.

El gráfico 132 muestra el tipo de contrato del personal del corporativo General Motors en sus distintas plantas establecidas alrededor del mundo, entre ellas las ubicadas en México. Se puede observar que el 81 % del total de personal son empleados sindicalizados, mientras que el 19 % restante son empleados de confianza, lo cual permite establecer que 8 de cada 10 empleados del corporativo General Motors son sindicalizados. Estos no solamente tienen una serie de prestaciones laborales esenciales, sino también el compromiso de adoptar e implementar las distintas acciones que realiza la compañía para mejorar las

condiciones medioambientales y el nivel del desarrollo sustentable, tanto de la organización en general como de las localidades donde se localizan las plantas automotrices, entre ellas las establecidas en México. También, no hay que dejar de lado el compromiso que tienen los empleados de confianza de trabajar en pro de lograr los objetivos y metas que se ha trazado el corporativo General Motors.

Gráfico 132. Tipo de contrato del personal de General Motors.

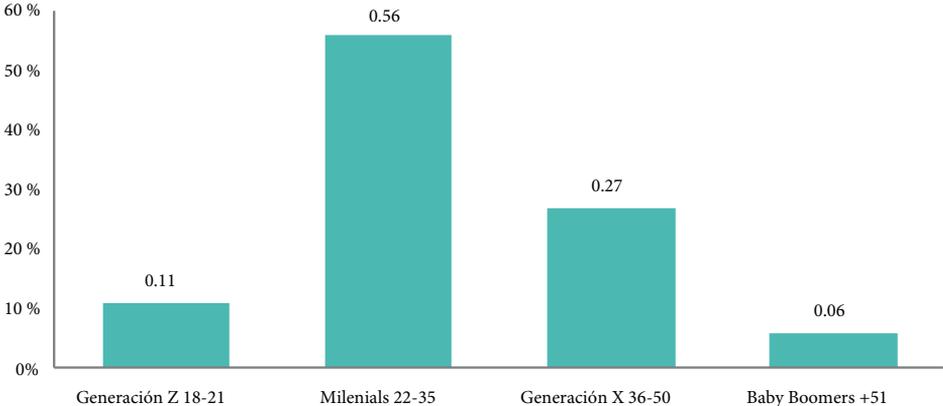


Fuente: General Motors Company.

El gráfico 133 enseña la contratación de los empleados por generación del corporativo General Motors en sus distintas plantas alrededor del mundo, entre ellas las ubicadas en México. Se observa que el 11 % de sus empleados corresponden a la *generación Z*, empleados que tienen una edad de entre 18 y 21 años, mientras que el 56 % de los empleados son considerados en el grupo de los *millennials*, empleados que tienen una edad de entre 22 y 35 años, el 27 % de los empleados corresponden a la *generación X*, empleados que tienen una edad de entre 36 y 50 años y los llamados *baby boomers*, que representan el 6 % del total de los empleados, son aquellos empleados que tienen una edad mayor a 51 años. Por lo cual, se puede establecer que alrededor de 6 de cada 10 empleados de

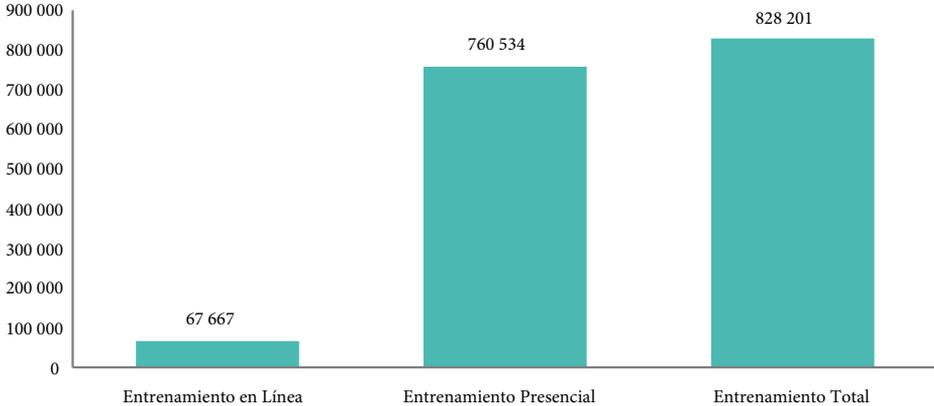
General Motors son trabajadores jóvenes que tienen mucha fuerza y dinamismo para salir adelante y cumplir con las acciones establecidas por la organización.

Gráfico 133. Empleados por generación de General Motors.



Fuente: General Motors Company.

Gráfico 134. Capacitación de los empleados de General Motors.



Fuente: General Motors Company.

El gráfico 134 muestra la capacitación que se ha otorgado a los empleados y trabajadores del corporativo General Motors en sus distintas plantas automotrices establecidas en los diversos países, entre los que se encuentra México. Se observa que 67 677 empleados y trabajadores recibieron algún tipo de capacitación y entrenamiento en línea, mientras que 760 534 empleados y trabajadores de General Motors recibieron capacitación y entrenamiento presencial, lo cual permite establecer que poco más de 828 000 empleados y trabajadores de la compañía en 2018 recibieron al menos un curso de capacitación o entrenamiento. Lo anterior indica la importancia de la capacitación y entrenamiento del personal de la totalidad de las plantas automotrices del corporativo General Motors como parte de sus acciones para mejorar el nivel del desarrollo sustentable y el medioambiente, tanto de la organización en su conjunto como las localidades donde se ubican sus plantas automotrices.

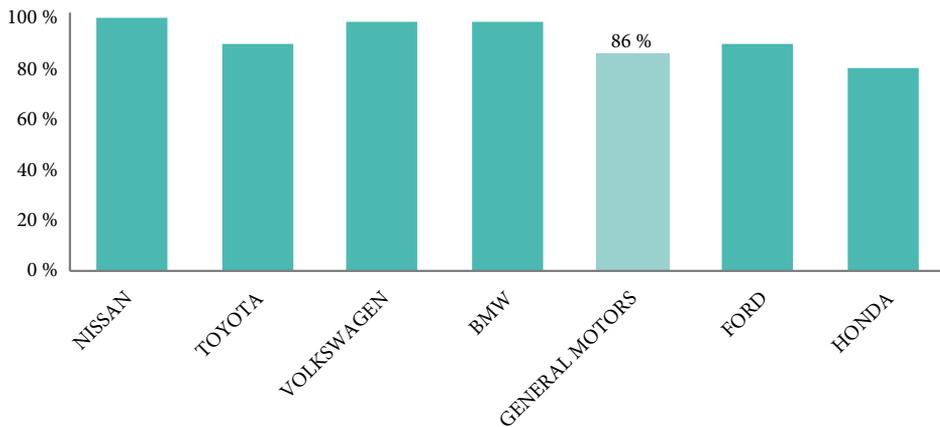
General Motors México

General Motors es una de las primeras empresas de la industria automotriz que se establecieron en México, y no solamente es una de las compañías que tiene numerosas plantas automotrices en distintas regiones de México, sino que también aporta una cantidad importante de recursos económicos para el crecimiento y desarrollo económico, así como social de las regiones donde están ubicadas sus plantas automotrices, ya que alrededor de las plantas automotrices se encuentran distintas empresas locales, regionales, nacionales e internacionales que forman parte de su cadena de proveeduría. Además, General Motors México también desarrolla una serie de actividades y acciones encaminadas no solo a proteger y cuidar el medioambiente y el desarrollo sustentable de la organización y de las comunidades donde se localizan sus empresas, sino también para mejorar la calidad de vida de la sociedad, así como de los grupos más vulnerables. Los gráficos y figuras que se presentan a continuación contienen aquellas actividades y acciones más importantes que está implementando General Motors México.

El gráfico 135 muestra los residuos sólidos industriales reutilizados en los procesos productivos por General Motors en sus distintas plantas automotrices establecidas en México. Se puede observar que el 86 % de los residuos sólidos industriales que genera son reciclados y reutilizados en los procesos productivos. Asimismo, a partir del año 2003 las plantas automotrices de General Motors

México prácticamente dejaron de enviar los residuos sólidos industriales peligrosos a los confinamientos controlados, cambiando el método de disposición al reciclaje de los mismos y/o la generación de biocombustible que es utilizado en la fabricación de cemento, generando con dichas acciones que las plantas automotrices trabajen bajo un esquema de cero confinamiento, mediante el cual está prohibido el envío de residuos sólidos industriales de ningún tipo a los vertederos municipales.

Gráfico 135. Residuos sólidos industriales reutilizados por General Motors México.

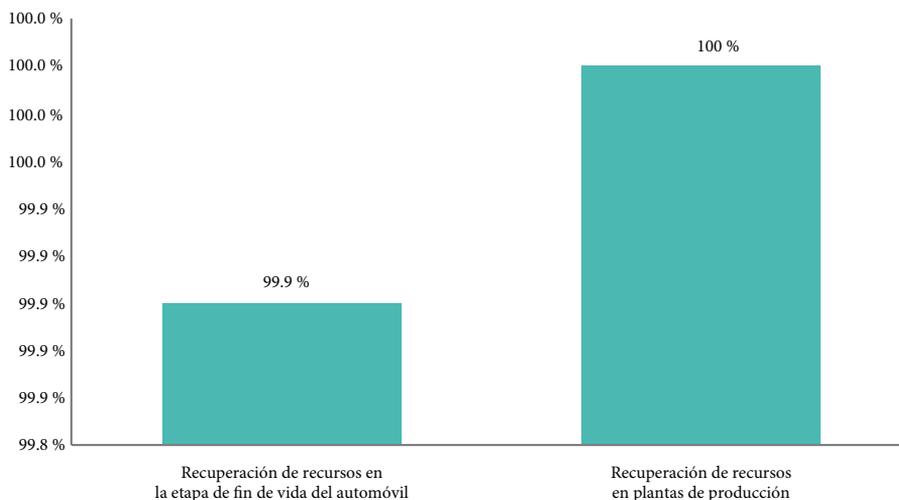


Fuente: Elaboración propia con datos de las empresas armadoras de automóviles.

El gráfico 136 indica el reciclaje de materiales y materias primas que realiza General Motors en todas sus plantas automotrices ubicadas en México. Se puede observar que la recuperación de los recursos en la etapa final del ciclo de vida de los vehículos es del 99.9 %, mientras que la recuperación de los recursos en las plantas de producción de General Motors es del 100 %. Además, las plantas automotrices de General Motors ubicadas en México cuentan con un programa de reciclaje de los residuos generados en el proceso de producción, cuyas materias que más se reciclan son: cartón, plásticos, madera, solventes, basura, aceites y llantas; de los cuales generalmente se tiene una alta demanda en el mercado, especialmente por la madera y el cartón, que se rigen bajo los indicadores del mercado. Debido a ello, General Motors cuenta con un programa de capacitación de los operadores en cada una de las líneas de pro-

ducción, tiene un centro de segregación de residuos (que se identifican con un código de colores), lo cual le ha permitido reciclar aproximadamente 2 000 toneladas de aceite que se utilizan en los procesos industriales, en lugar de ser enviados como combustible alterno para otras empresas manufactureras.

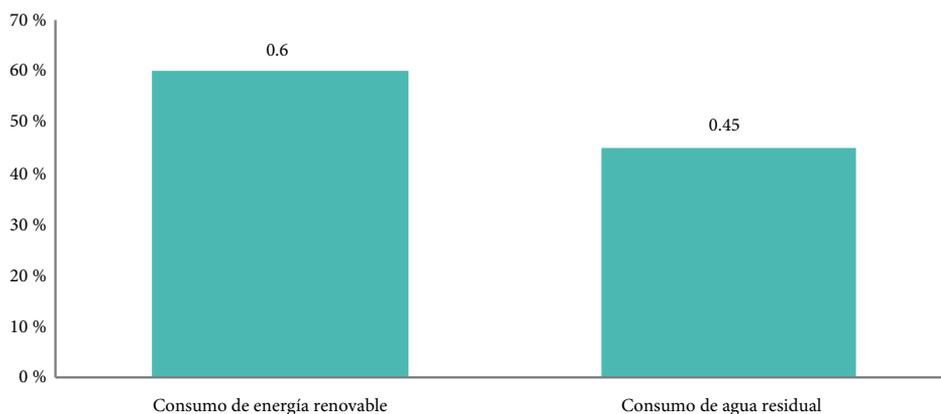
Gráfico 136. Reciclaje de materiales y materias primas por General Motors México.



Fuente: General Motors Company.

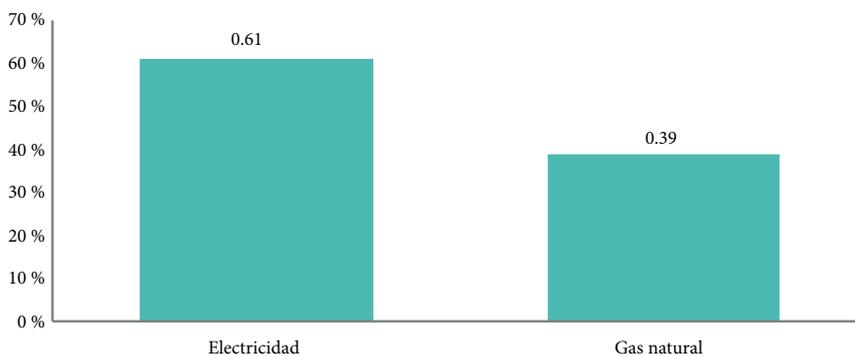
El gráfico 137 indica la utilización de energías renovables en las plantas automotrices de General Motors en las distintas regiones de México. Se observa que el consumo de las energías renovables representa el 60 % del total de la energía utilizada, mientras que el consumo del agua residual es del 45 %. Asimismo, cada una de las plantas automotrices de General Motors México cuenta con una planta de tratamiento de las aguas residuales, lo cual permite la reutilización del agua en algunos de los procesos productivos y áreas de servicio, reduciendo con estas acciones la extracción de agua potable de los pozos profundos y disminuyendo el impacto medioambiental en los mantos acuíferos. Además, las plantas automotrices de General Motors México cuentan con un programa de energía renovable que proviene de fuentes alternas y que evitan el uso de recursos naturales no renovables, lo cual les ha permitido reducir en un 15 % el consumo de energía por vehículo producido en los últimos quince años.

Gráfico 137. Utilización de energías renovables por General Motors México.



Fuente: General Motors Company.

Gráfico 138. Consumo de energía en General Motors México.

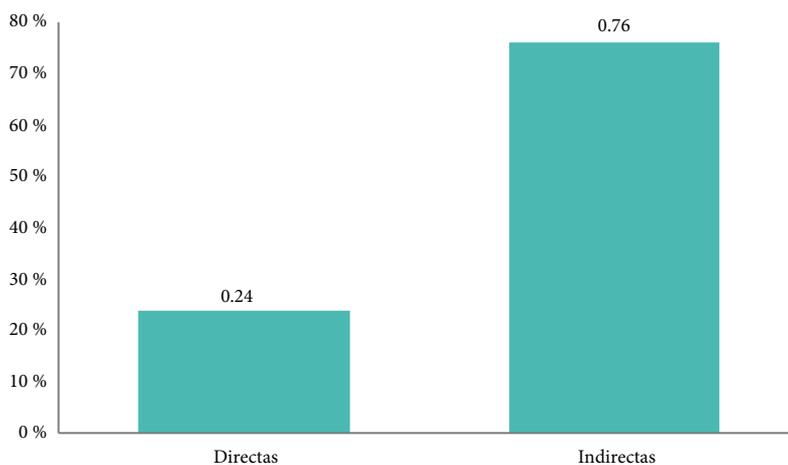


Fuente: General Motors Company.

El gráfico 138 muestra el consumo de energía en las plantas automotrices de General Motors México. Se puede observar que la electricidad representa el 61 % del total del consumo de la energía, mientras que el gas natural representa el restante 39 %, lo cual permite establecer que en las distintas plantas automotrices de General Motors ubicadas en México no se utilizan energías alternativas renova-

bles, es decir, en la producción de vehículos se utilizan únicamente energías no renovables. Por lo cual, General Motors México tiene que desarrollar acciones tendientes a realizar un cambio trascendental del uso de sus energías no renovables por fuentes de energía renovables, con la intención de cumplir no solamente con sus metas y acciones de mejorar significativamente el medioambiente y el nivel del desarrollo sustentable, sino también de reducir significativamente la generación de toneladas de emisiones de CO₂ y otro tipo de contaminantes a la atmósfera que contribuya a la mitigación del cambio climático.

Gráfico 139. Emisiones de CO₂ en General Motors México.

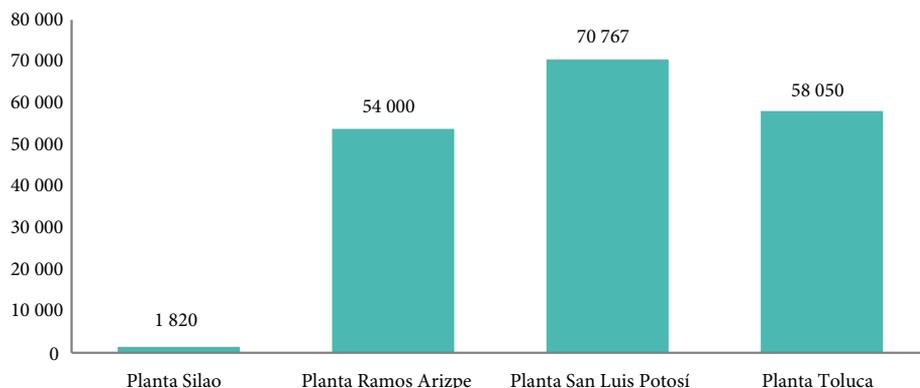


Fuente: General Motors Company.

El gráfico 139 indica las emisiones de CO₂ de las distintas plantas automotrices de General Motors ubicadas en México. Se observa que el 24 % del total de las emisiones de dióxido de carbono es de manera directa, mientras que el 76 % de las emisiones lo hace de manera indirecta, es decir a través de las distintas empresas que participan en la cadena de proveeduría y, sobre todo, de los vehículos que fabrica. Por lo cual, es posible establecer que la mayor cantidad de las emisiones de contaminantes y CO₂ que generan las distintas plantas automotrices de General Motors establecidas en las diversas regiones de México, se hacen de manera indirecta, por lo que tienen que desarrollar nuevas tecnologías e incorporar innovaciones a los nuevos vehículos que fabrica, con

la finalidad de reducir no solamente las cantidades de emisiones de CO₂ que emiten a la atmósfera y que dañan significativamente, tanto el nivel del desarrollo sustentable como el medioambiente, sino también para mitigar los problemas existentes del cambio climático.

Gráfico 140. Metros cuadrados certificados por WHC en General Motors México.



Fuente: General Motors Company.

El gráfico 140 muestra la cantidad de metros cuadrados de cada una de las plantas automotrices de General Motors México certificados por WHC (Wildlife Habitat Council). Se puede observar que la planta de Silao tiene una certificación de 1 820 m² de terreno, mientras que la planta ubicada en Ramos Arizpe tiene una certificación de 54 000 m² de terreno. Por su parte la planta de San Luis Potosí cuenta con una certificación de 70 767 m² de terreno y, finalmente, la planta de Toluca tiene una certificación de 58 050 m² de terreno, lo cual permite establecer la existencia un poco más de 184 000 m² de terreno que ha sido certificado por WHC para la conservación de la flora y fauna de la localidad.

La figura 46 muestra el proceso del reciclaje y el procesamiento de los materiales en las plantas automotrices de General Motors ubicadas alrededor del mundo, entre ellas las establecidas en México. Se puede observar que el proceso inicia con la recuperación de los residuos sólidos no peligrosos, después pasa al triaje y descontaminación de los materiales, luego al triturado, en seguida al lavado y separación de los materiales, luego pasa a la sección de secado, fundición y extrusionado, luego al granceado, posteriormente al empaquetado y,

por último, a la venta para usos industriales. Además, el reciclaje y el procesamiento de los materiales en General Motors México también se realiza a través de tres procedimientos esenciales: 1) *valorización de los residuos*: permite cumplir los parámetros de operación y monitoreo que se realizan durante el proceso de reciclaje de los materiales; 2) *filtrado y neutralizado de gases*: permite aprovechar los residuos sólidos que ya no tienen posibilidad de reciclarse directamente, y 3) *sustitución de combustibles fósiles*: reduce la emisión de CO₂, siendo una opción ambientalmente favorable, ya que se evita la disposición de residuos en rellenos sanitarios y confinamientos.

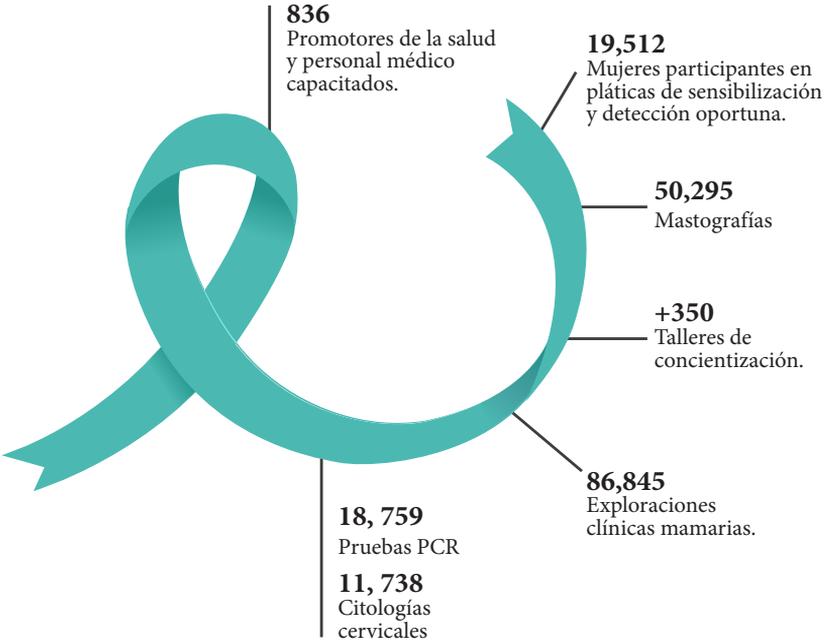
Figura 46. Reciclaje y procesamiento de los materiales por General Motors México.



Fuente: Adaptado de General Motors Company.

Figura 47. Desarrollo de proyectos de carácter social de General Motors México.

Desde que consolidamos la alianza Chevrolet y fundación CIMA, hemos contribuido a alcanzar los siguientes resultados:



Fuente: General Motors Company.

La figura 47 muestra las distintas acciones realizadas por General Motors México en beneficio de las mujeres de las distintas localidades donde se ubican las plantas automotrices, entre ellas la capacitación de 836 promotoras de la salud, 19 512 mujeres participantes en pláticas de detección oportuna del cáncer de matriz, la realización de 50 295 mastografías para la detección del cáncer de mama, la impartición de 350 talleres de concientización sobre el cáncer, el apoyo a 86 845 mujeres para la exploración en clínicas mamarias, la realización de 18 759 pruebas de cáncer y la realización 11 758 citologías cervicales. Esto permite establecer la importancia y el alcance de este tipo de programas de carácter social que realiza General Motors México en beneficio de las mujeres que habitan en las localidades donde se ubican sus plantas.

6. La economía circular en Ford Motor Company

Ford Motor Company no solamente fue la empresa pionera en la fabricación de automóviles a nivel mundial, sino que también fue una de las primeras empresas de la industria automotriz que se instalaron en México. Es una de las empresas de la industria automotriz más representativas en la economía de México al aportar una cantidad significativa al crecimiento del PIB nacional, a la generación de miles de empleos y al crecimiento y desarrollo económico y social de las localidades donde se encuentran ubicadas sus distintas plantas automotrices. De igual manera, Ford Motor Company es una de las empresas pioneras en el desarrollo de tecnología e innovaciones, en una diversidad de dispositivos incorporados en los vehículos que circulan por las avenidas del mundo, y algunos de sus modelos tradicionales son considerados por los amantes de los automóviles como los vehículos clásicos que cualquier persona quisiera poseer y conducir.

Además, Ford es una de las marcas de automóviles más reconocidas en la totalidad de los países del mundo, y algunos de sus modelos son reconocidos como vehículos de buen nivel de calidad y especiales para el trabajo rudo, siendo los de mayor venta en su tipo en el mercado mundial y producidos en las distintas plantas automotrices ubicadas alrededor del mundo, entre ellas las plantas establecidas en México. Adicionalmente, Ford Motor Company tiene como filosofía empresarial el cuidado del medioambiente de las localidades donde se ubican sus plantas automotrices, por lo cual ha implementado diversas actividades de la economía circular que le han permitido disminuir las emisiones de CO₂ que son enviadas a la atmósfera, así como el reciclaje de los residuos sólidos industriales que generan sus plantas automotrices.

Asimismo, es importante establecer que la búsqueda de información relacionada con las distintas actividades de la economía circular que se implementan actualmente en las diversas plantas de la empresa Ford Motor Company, entre ellas las ubicadas en México, se centró específicamente en la página web de la compañía en la cual se encontró mucha información relacionada directamente con las actividades de la economía circular, así como en algunas revistas especializadas en la industria automotriz. Así, para una mejor comprensión de las actividades de la economía circular se presentará la información referente a la implementación de las actividades de la economía circular en las plantas au-

tomotrices ubicadas alrededor del mundo, de aquellas actividades que se implementan exclusivamente en las plantas establecidas en Ford Motor México.

Finalmente, en las siguientes secciones se presentará la información que está más estrechamente relacionada con las actividades de la economía circular, presentando la información de manera separada, como ya se explicó en el párrafo anterior. Además, se analizará detalladamente la información presentada en los gráficos, tablas y figuras tratando de explicar, de la forma más sencilla posible, para que el lector de este libro comprenda mejor la importancia que tienen las actividades de la economía circular en la reducción del nivel de contaminación y mejora del medioambiente de las localidades donde se ubican las plantas armadoras de vehículos, así como para la reducción del nivel del cambio climático en beneficio de la sociedad en general.

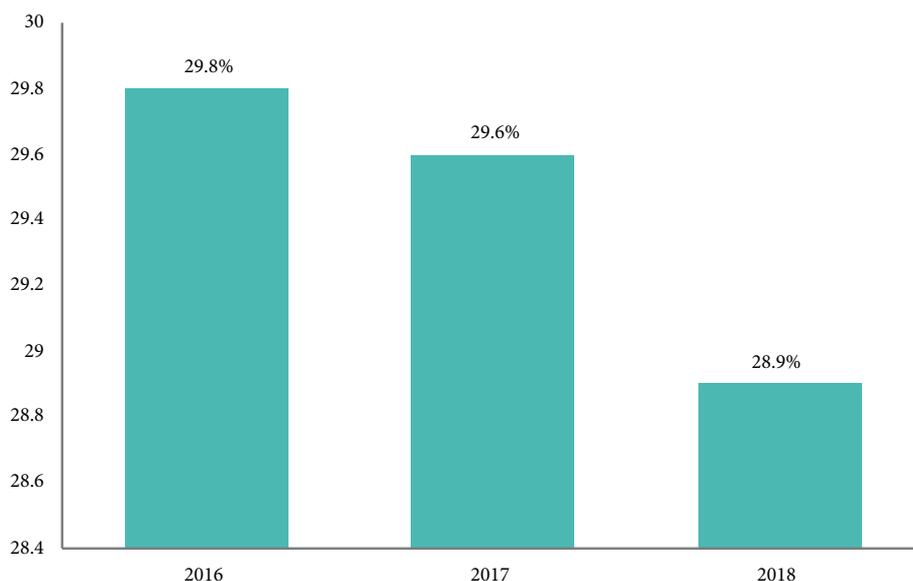
Ford Motor Company

Actualmente, no es posible hablar de la industria automotriz a nivel global sin mencionar a Ford Motor Company, ya que no solamente fue la primera empresa a nivel mundial en la producción de vehículos, sino también la que tiene un alto prestigio a nivel mundial ya que algunos de sus modelos son considerados como clásicos a nivel global. Además, Ford Motor Company es una de las empresas automotrices que están comprometidas con el desarrollo de actividades productivas que mejoren el cambio climático, para lo cual ha adoptado e implementado diversas actividades relacionadas con la economía circular, así como una serie de acciones que tienen como objetivo esencial disminuir significativamente las emisiones de CO₂ y otro tipo de contaminantes que son enviadas a la atmósfera, para que con este tipo de acciones se mejore sustancialmente tanto el medioambiente como el nivel del desarrollo sustentable. Los gráficos y figuras que se presentan a continuación exponen de una manera más clara las principales acciones y actividades realizadas por Ford Motor Company en la totalidad de sus plantas automotrices.

El gráfico 141 muestra la mejora del combustible de los vehículos de Ford Motor Company en la totalidad de sus plantas automotrices ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar que en el año 2016 el combustible de los vehículos tuvo una mejora de 29.8 % con respecto al registrado en el año anterior, mientras que en el año 2017 el combustible de los vehículos tuvo una pequeña reducción al registrar un porcentaje del 29.6 %, y para el año 2018 se

registró una reducción significativa del 28.9 % en la eficiencia del combustible de los vehículos producidos por Ford Motor Company. Por lo cual, es posible establecer que las distintas acciones y actividades que está implementando la compañía en sus distintas plantas automotrices, están forjando resultados satisfactorios en el cuidado del medioambiente y del nivel del desarrollo sustentable, lo cual contribuye significativamente a reducir los impactos negativos del cambio climático que está padeciendo la sociedad mundial.

Gráfico 141. Mejora del combustible de los vehículos de Ford Motor Company.

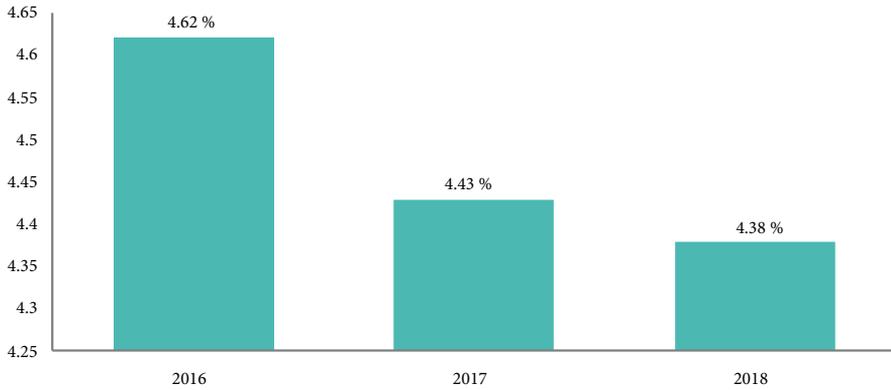


Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 142 indica la reducción de las emisiones de CO₂ de las plantas automotrices de Ford Motor Company. Se puede observar una reducción significativa en las emisiones de CO₂ al pasar de un registro de 4.62 % de emisiones de CO₂ en el año 2016 a un porcentaje del 4.43 % de emisiones de CO₂ en el año 2017, reduciéndose nuevamente durante el año 2018 al registrar un porcentaje del 4.38 % de emisiones de CO₂. Lo cual, permite establecer que las diferentes acciones que están adoptando e implementando en las plantas automotrices de Ford Motor Company están generando buenos resultados, ya que se ha evita-

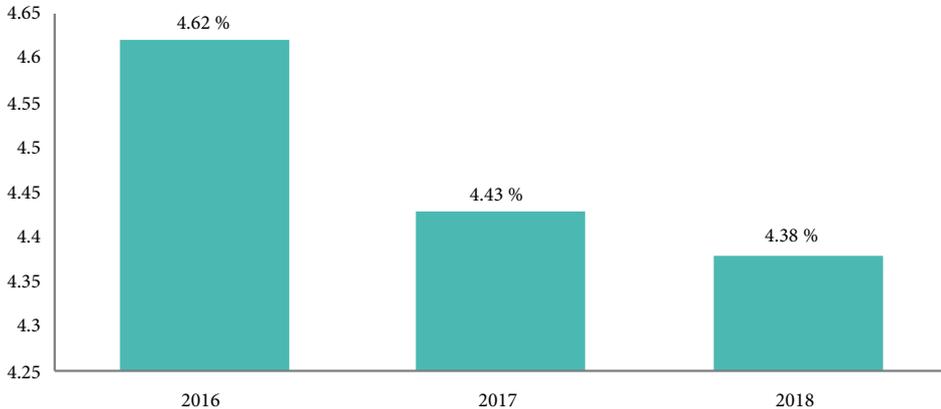
do la emisión de miles de toneladas de emisiones de CO₂ a la atmósfera, mejorando con ello no solamente el medioambiente y el desarrollo sustentable, sino también la contribución a la mejora del cambio climático mundial.

Gráfico 142. Reducción de las emisiones de CO₂ de las plantas de Ford Motor Company.



Fuente: Ford Motor Company.

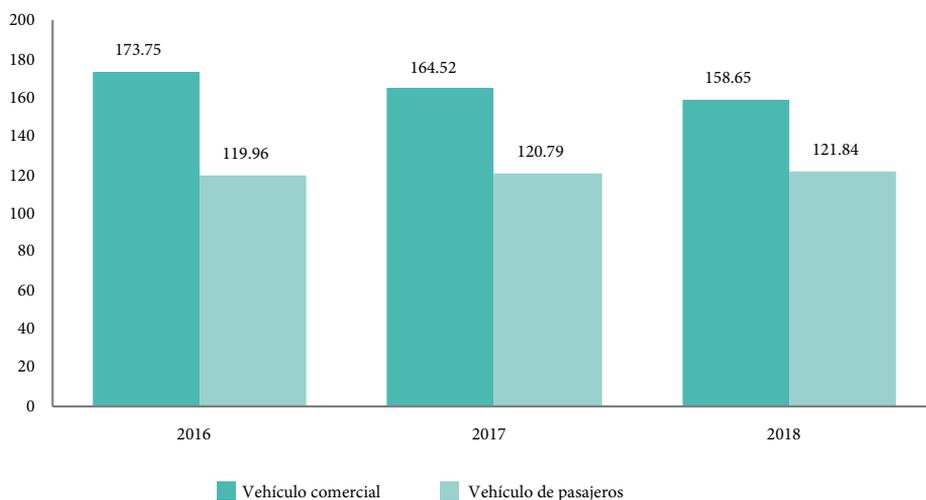
Gráfico 143. Emisiones de CO₂ de los vehículos de Ford Motor Company (gramos/milla).



Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 143 establece las emisiones de CO₂ de los vehículos producidos en las diversas plantas automotrices de Ford Motor Company ubicadas alrededor del mundo. Se observa la existencia de una pequeña reducción en las emisiones de CO₂ de los automóviles, al pasar de una emisión de 0.094 gramos de CO₂ por milla registrados en el año 2016 a una emisión de 0.086 gramos de CO₂ por milla que se tuvieron en el año 2017, reduciéndose nuevamente las emisiones en el año 2018 al registrar 0.073 gramos de CO₂ por milla. Con respecto a las emisiones de los camiones es la reducción es más sustancial al pasar de un registro de emisiones de 0.133 gramos de CO₂ por milla durante el año 2016 a una emisión de 0.124 gramos de CO₂ por milla en el año 2017, para luego reducirse nuevamente las emisiones en el año 2018 al registrar 0.091 gramos de CO₂ por milla. Lo cual, permite establecer que las acciones y actividades que están implementando las distintas plantas automotrices de Ford Motor Company a nivel mundial están generando buenos resultados en la disminución de las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

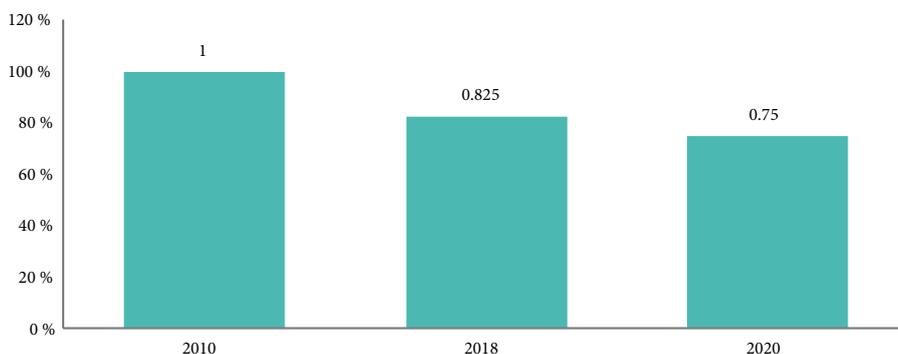
Gráfico 144. Emisiones de CO₂ vehículos comerciales/pasajeros de Ford Motor Company (gramos/kilómetro).



Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 144 revela las emisiones de CO₂ de los vehículos comerciales y pasajeros producidos por Ford Motor Company en sus plantas ubicadas en los diversos países. Se observa una pequeña reducción en las emisiones de CO₂ de los vehículos comerciales, al pasar de una cantidad de 173.75 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido registrados en el año 2016 a una emisión de 164.52 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido durante el año 2017, para reducirse una vez más en el año 2018 al registrar una emisión de 158.65 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido. Con respecto a los vehículos de pasajeros, se observa un ligero aumento de las emisiones de CO₂ al registrar una cantidad de emisiones de 119.96 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido durante el año de 2016 a una emisión de 120.79 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido en el año 2017, para registrar nuevamente un pequeño aumento durante el año 2018 al registrar una emisión de 121.84 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido.

Gráfico 145. Reducción del consumo de agua en las plantas de Ford Motor Company.



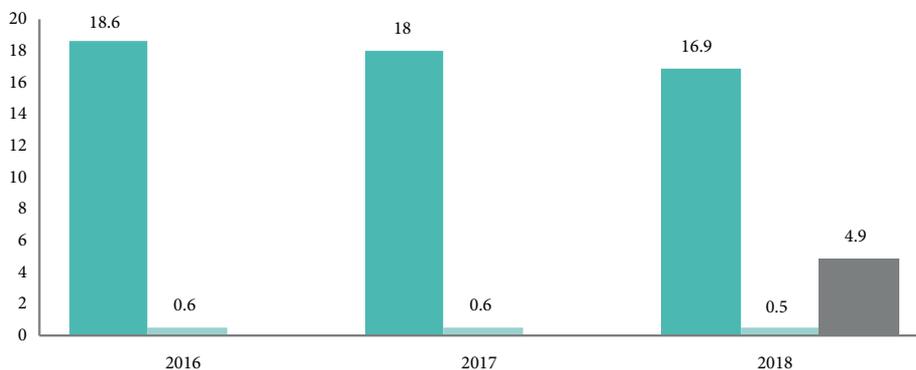
Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 145 expone la reducción en el consumo de agua en las plantas automotrices de Ford Motor Company ubicadas alrededor del mundo. Se observa la existencia de una reducción muy significativa en el consumo de agua en la producción de vehículos, al pasar a un porcentaje del 82.5 % del consumo de agua registrado en el año 2010 en comparación con el consumo de agua registrado en el año 2018, y teniendo una meta esencial del 75 % del consumo de agua en la producción de vehículos para este año de 2020. La reducción significativa en el consumo de agua en las distintas plantas automotrices de Ford

Motor Company permite establecer que se han dejado de consumir millones de m³ de agua en la producción de vehículos para destinarlos al consumo humano, lo cual permite establecer que las acciones y actividades implementadas por la compañía están dando buenos resultados.

El gráfico 146 presenta el consumo de agua por recurso de las plantas automotrices de Ford Motor Company ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar una disminución significativa en el consumo de agua de la red hidráulica al pasar de utilizar 18,6 millones de m³ registrado en el año 2016 a un consumo de agua de la red hidráulica de 18 millones de m³ registrado en el año 2017, para reducirse nuevamente en el año 2018 a 16,9 millones de m³. Con respecto al consumo del agua pluvial la cantidad consumida fue la misma en los años 2016 y 2017 con un registro de 0,6 millones de m³, y se redujo levemente en el año 2018 a 0,5 millones de m³. Mientras que el consumo de agua proveniente de los pozos fue de 4,9 millones de m³ registrada durante el año 2018, lo cual permite establecer la existencia de una disminución importante en el consumo de agua de los diferentes recursos que representan millones de m³ de agua que se han dejado de consumir en la producción de vehículos para dedicarla al consumo humano.

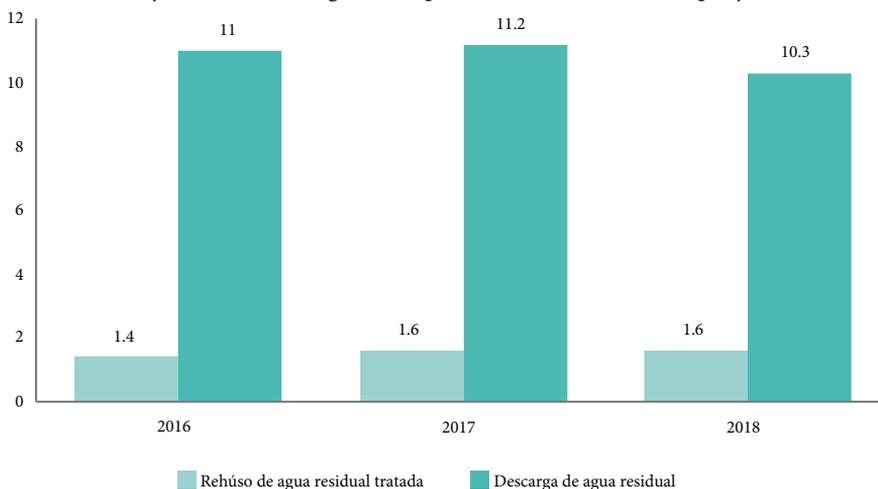
Gráfico 146. Consumo de agua por recurso de las plantas de Ford Motor Company (millones de m³).



Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 147 exhibe el reúso y tratamiento de agua en las distintas plantas automotrices de Ford Motor Company establecidas en los diversos países del mundo. Se observa un incremento pequeño en el reúso del agua residual tratada al pasar de 1,4 millones de m³ en el año 2016 a un reúso de 1,6 millones de m³ de agua residual tratada en el año 2017 para prácticamente permanecer la misma cantidad durante el año 2018. Con respecto a las descargas de aguas residuales el mismo gráfico muestra un pequeño incremento, al pasar de una descarga de 11 millones de m³ de agua residual en 2016 a una descarga de 11,2 millones de m³ de agua tratada en el año 2017, para reducirse otra vez en el año 2018 al registrar una descarga de 10,3 millones de m³. Esto permite establecer que las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado municipales cada vez son menores, porque se aprovecha y reusa más el agua en los procesos productivos.

Gráfico 147. Reúso y tratamiento de agua en las plantas de Ford Motor Company (millones de m³).

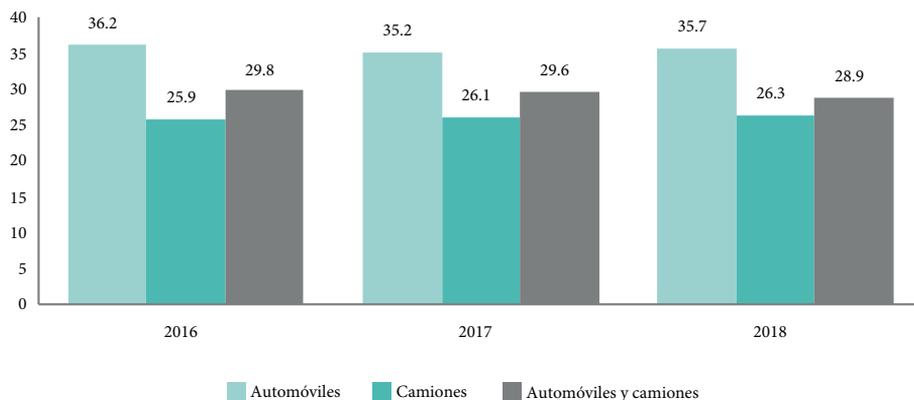


Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 148 despliega el consumo de combustible de los vehículos de Ford Motor Company y se observa una ligera disminución en el uso del combustible de los automóviles al pasar de un consumo de combustible de 36.2 millas por galón registrado en el año 2016 a un consumo de combustible de 35.2 millas por galón en el año 2017, incrementándose ligeramente esta cantidad a

35.7 millas por galón en 2018. Con respecto al consumo de combustible de los camiones el gráfico indica la existencia de un ligero aumento, al registrar un consumo de combustible de 25.9 millas por galón durante el año 2016 a un consumo de combustible de 26.1 millas por galón en el año 2017, para aumentar nuevamente el consumo de combustible a 26.3 millas por galón durante 2018.

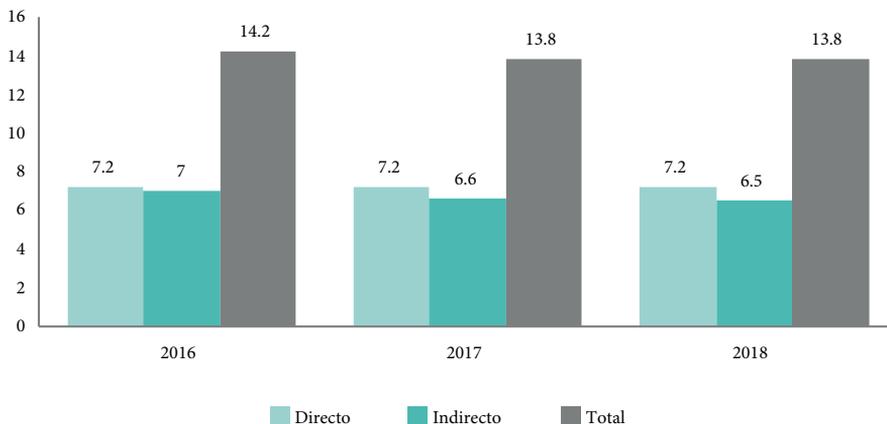
Gráfico 148. Consumo de combustible de los vehículos de Ford Motor Company (millas/galón).



Fuente: Ford Motor Company.

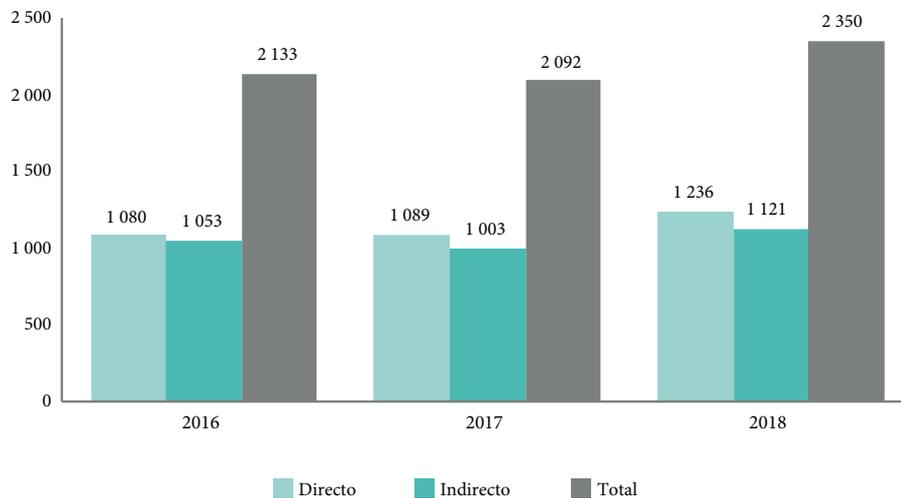
El gráfico 149 prueba el consumo de energía en las distintas plantas automotrices de Ford Motor Company ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar que el consumo de energía directa es usualmente la misma durante los tres años analizados al registrar una cantidad de 7.2 billones de kilovatios hora, mientras que el consumo indirecto de energía registró una leve disminución al pasar de un registro de 7 billones de kilovatios hora durante el año 2016 a un consumo de energía de 6.6 billones de kilovatios hora en el año 2017, reduciéndose nuevamente la cantidad de consumo de energía a 6.5 billones de kilovatios hora en el año 2018. En términos generales, es posible establecer la existencia de una disminución significativa en el consumo de energía al pasar de un consumo de 14.2 billones de kilovatios hora obtenidos en el año 2016 a un consumo de energía de 13.8 billones de kilovatios hora en el año 2017, permaneciendo prácticamente la misma cantidad de consumo de energía en el año 2018, lo cual permite establecer que se dejaron de emitir miles de toneladas de CO₂ a la atmósfera en la producción de vehículos.

Gráfico 149. Consumo de energía en las plantas de Ford Motor Company (billones de kWh).



Fuente: Ford Motor Company.

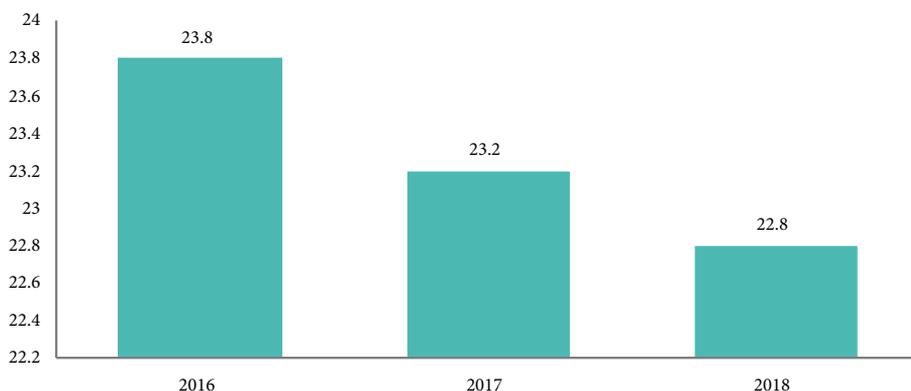
Gráfico 150. Consumo de energía por vehículo producido en Ford Motor Company (kWh/vehículo).



Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 150 indica el consumo de energía por vehículo producido en las plantas automotrices de Ford Motor Company establecidas en los diversos países del mundo. Se observa un pequeño incremento en el consumo de energía directo al pasar de un consumo de 1 080 kilovatios hora por vehículo producido durante el año 2016 a un consumo de energía de 1 089 kilovatios hora por vehículo producido en el año 2017, para incrementarse nuevamente el consumo de energía en el año 2018 a 1 236 kilovatios hora por vehículo producido. Con respecto al consumo de energía indirecto este pasó de un consumo de energía de 1 053 kilovatios hora por vehículo producido durante el año 2016 a un consumo de energía de 1 003 kilovatios hora en el año 2017, para aumentar ligeramente el consumo de energía en el año 2018 a 1 121 kilovatios hora por vehículo producido, lo cual indica que en términos generales se registró un aumento importante en el consumo de energía por cada vehículo producido.

Gráfico 151. Emisión de COV en la producción de vehículos de Ford Motor Company (gramos/m²).



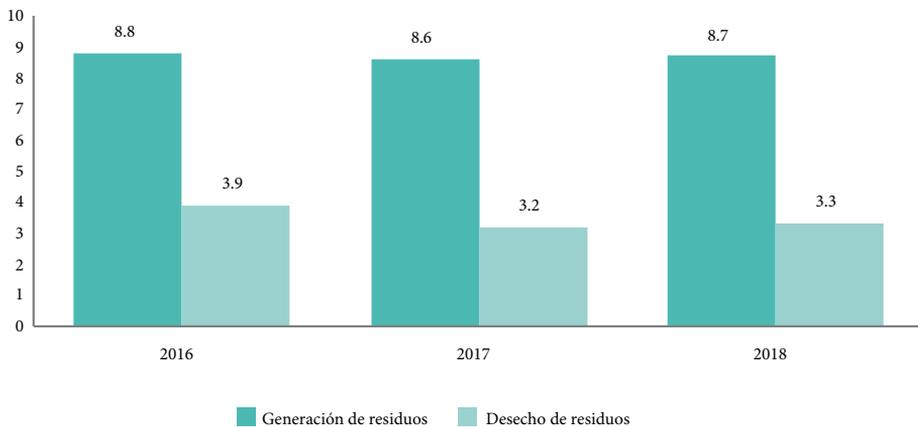
Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 151 demuestra la emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en la producción de vehículos en las distintas plantas automotrices de Ford Motor Company ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar una disminución significativa en la emisión de los COV al pasar de una registro de 23.8 gramos de COV por m² registrados en el año 2016, a una emisión de 23.2 gramos de COV por m² en el año 2017, reduciéndose nuevamente esta cantidad de emisiones a 22.8 gramos de COV por m² durante el año 2018, lo cual permi-

te establecer que las acciones y actividades que está implementando Ford Motor Company en sus plantas automotrices para disminuir significativamente las emisiones de COV que son enviadas a la atmósfera, están generando excelentes resultados.

El gráfico 152 establece la generación de residuos sólidos industriales por vehículo producido en las plantas automotrices de Ford Motor Company establecidas en los diversos países del mundo. Se puede observar una ligera disminución de la generación de residuos sólidos industriales al pasar de una generación de 8.8 kilogramos de residuos sólidos por vehículo producido registrados en el año 2016 a una generación de 8.6 kilogramos de residuos sólidos industriales por vehículo producido en el año 2017, para incrementar ligeramente a una generación de 8.7 kilogramos de residuos sólidos industriales por vehículo producido en el año 2018. Con respecto a los desechos de los residuos sólidos industriales, también el mismo gráfico indica una ligera disminución al pasar de 3.9 kilogramos de desechos de residuos sólidos industriales por vehículo producido en el año 2016 a 3.2 kilogramos de desechos de residuos sólidos industriales por vehículo producido registrado en el año 2017, e incrementarse un poco al registrar 3.3 kilogramos de desechos de residuos sólidos industriales por vehículo producido en el año 2018.

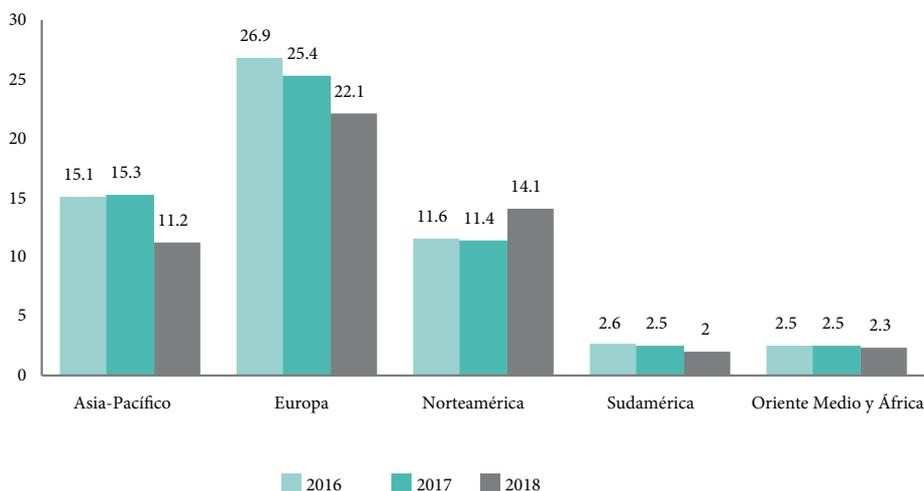
Gráfico 152. Generación de residuos sólidos por vehículo de Ford Motor Company (kilogramos/vehículo).



Fuente: Ford Motor Company.

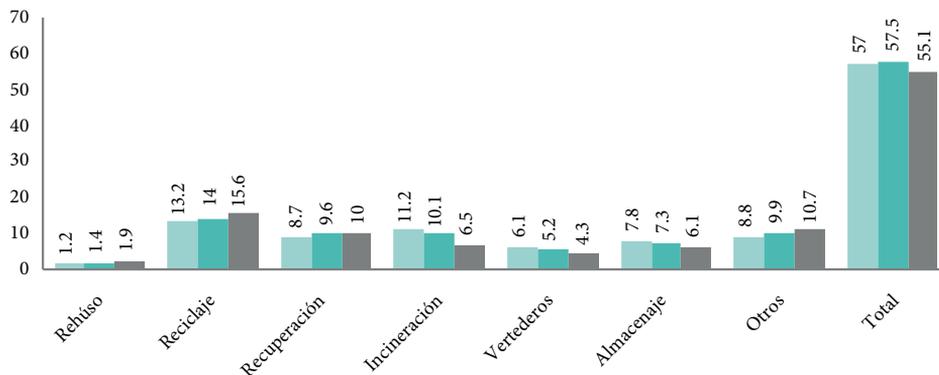
El gráfico 153 presenta la generación de residuos sólidos industriales por región de ubicación de las plantas automotrices de Ford Motor Company. Se observa que la región de Sudamérica es la que tiene una menor cantidad de generación de residuos sólidos industriales, precisamente porque es la región, al igual que Oriente Medio y África, donde se produce una menor cantidad de vehículos de la compañía, pero se observa que en las plantas automotrices ubicadas en Europa se registró una disminución importante en la generación de residuos sólidos industriales en los tres años analizados al pasar de una generación de 26,9 millones de kilogramos de residuos sólidos en el año 2016 a 22,1 millones de kilogramos de residuos sólidos en el año 2018. En el caso de Norteamérica se registró una menor cantidad en la generación de residuos al pasar de 11,6 millones de kilogramos de residuos sólidos en el año 2016 a 11,4 millones de kilogramos de residuos sólidos en el año 2017, e incrementarse durante el año 2018 a 14,1 millones de kilogramos de residuos sólidos industriales.

Gráfico 153. Generación de residuos sólidos por región de Ford Motor Company (millones de kilogramos).



Fuente: Ford Motor Company.

Gráfico 154. Generación de residuos peligrosos de Ford Motor Company (millones de kilogramos).



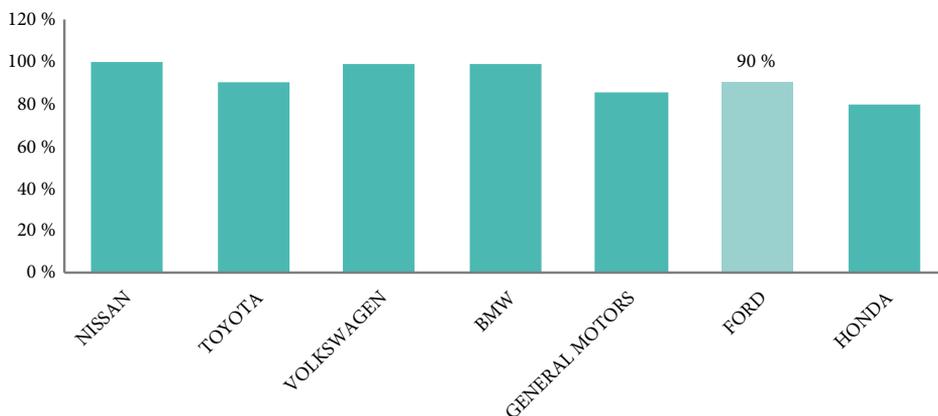
Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 154 indica la generación de residuos sólidos peligrosos de las plantas automotrices de Ford Motor Company ubicadas alrededor del mundo. Se puede observar que el reciclaje de este tipo de residuos es el más representativo al pasar de un reciclaje de 13,2 millones de kilogramos de residuos peligrosos registrados en el año 2016 a un reciclaje de 15,6 millones de kilogramos de residuos peligrosos durante el año 2018. En lo referente a la recuperación de los residuos peligrosos también se ha registrado un incremento significativo al pasar de una recuperación de 8,7 millones de kilogramos de residuos peligrosos, registrado en el año 2016, a una recuperación de 10 millones de kilogramos de residuos peligrosos en el año 2018. En cuanto al envío de los residuos peligrosos a los vertederos, se registró una disminución importante durante los tres años analizados al pasar del envío de 6,1 millones de kilogramos de residuos peligrosos al vertedero en el año 2016 a un envío de 4,3 millones de kilogramos de residuos peligrosos al vertedero en el año 2018, lo cual permite establecer que se tiene una mayor recuperación de los residuos.

Ford Motor México

Ford Motor Company fue una de las primeras empresas de la industria automotriz en establecer una de sus plantas en el territorio nacional, si no es que fue la primera empresa automotriz en llegar a México. Desde 1929 se encuentra produciendo vehículos en el país y su marca tiene un fuerte posicionamiento entre los consumidores de México, ya que la marca Ford es sinónimo de vehículos de calidad, fuerza y resistencia en el trabajo, sin mencionar que algunos de sus modelos son considerados como íconos del automovilismo mundial, pues son vehículos tradicionales que tienen décadas de ventas en el mercado global. Además, Ford Motor México también tiene un compromiso con el cuidado del medioambiente y el desarrollo sustentable, no solamente de la organización, sino también en beneficio de las distintas localidades donde se ubican sus plantas automotrices, lo cual le permite contribuir con la mejora del cambio climático que afecta a la sociedad mundial. Los gráficos que se presentan a continuación presentan con mayor claridad esta y otra información importante.

Gráfico 155. Residuos sólidos industriales reutilizados en Ford Motor México.

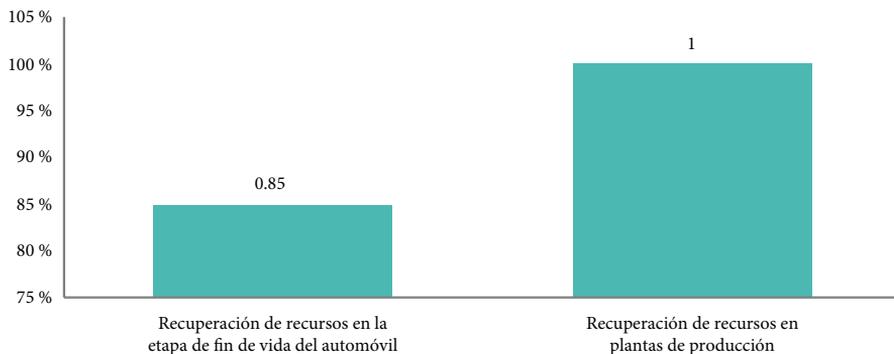


Fuente: Elaboración propia con datos de las empresas armadoras de automóviles.

El gráfico 155 muestra los residuos sólidos industriales reutilizados por Ford Motor Company en la totalidad de sus plantas ubicadas en México. Se puede observar que se reutilizan el 90% del total de los residuos sólidos industriales que generan sus plantas automotrices en sus procesos productivos.

Sin embargo, existen discrepancias en las distintas plantas automotrices ubicadas en México, que en su conjunto evitaron el vertido de 1,5 millones de libras de residuos sólidos industriales a los vertederos municipales, mientras que la planta ubicada en Hermosillo, Sonora, alcanzó el status de cero residuos sólidos industriales enviados al vertedero municipal, las plantas de Cuautitlán y de Chihuahua también lograron este mismo status, lo cual permitió a Ford Motor México reducir en un 40 % los residuos sólidos industriales por vehículo producido, además de que 45 toneladas de residuos de alimentos de los comedores se convierten en abono para las áreas verdes.

Gráfico 156. Reciclaje de materiales y materias primas en Ford Motor México.

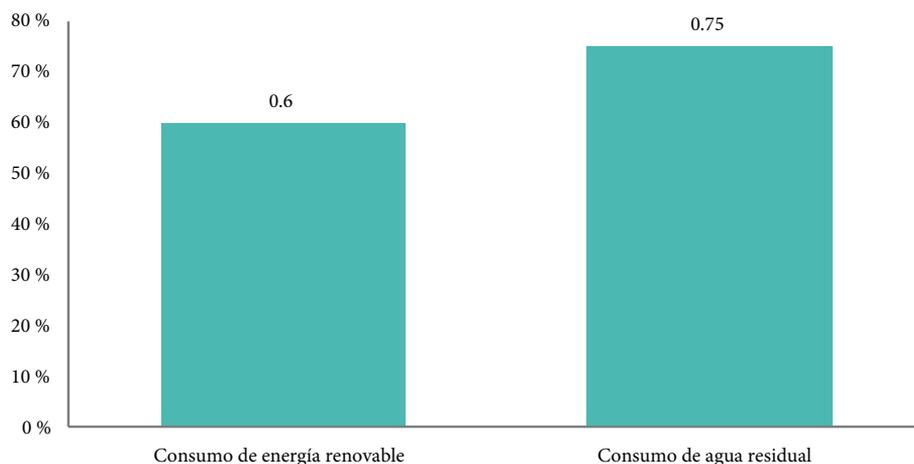


Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 156 indica el reciclaje de materiales y materias primas que realiza Ford Motor México en la totalidad de sus plantas ubicadas en México. Se observa que la recuperación de los recursos en la etapa de fin del ciclo de vida de los vehículos es del 85 %, mientras que la recuperación de recursos en las plantas de producción es del 100 %. Además, como parte de los procesos de reciclaje de materiales y materias primas Ford Motor México cuenta con procesos de producción de materiales de plásticos y metales, lo cual le ha permitido a la compañía reutilizar 1,2 millones de botellas de plástico anualmente para la fabricación de tolvas para la parte baja del motor, así como para el revestimiento de las tolvas delanteras y traseras del arco de las ruedas que llevan los modelos de vehículos recientes, lo cual evitó el desecho de materiales en los vertederos municipales.

Además, Ford Motor México se asoció con la empresa Coca-Cola para la utilización de su planta de materiales reciclados de botellas, para la producción de asientos, respaldos, insertos en los paneles de los tableros y reposacabezas, aunado a que aproximadamente 470 botellas de plástico son recicladas para la creación de fibras que sirven para el tejido de alfombras que son utilizadas en el modelo Ford EcoSport. Sumado a la utilización de las botellas de plástico Ford Motor México utiliza soja para la fabricación de tapicerías, material que le permitió un ahorro de 680 000 litros de petróleo para la fabricación de tejidos, al igual que la reutilización de los neumáticos, las carcasas de las baterías y envases de detergente le ha permitido un ahorro a la compañía de 4,5 millones de dólares americanos.

Gráfico 157. Utilización de energías renovables en Ford Motor México.



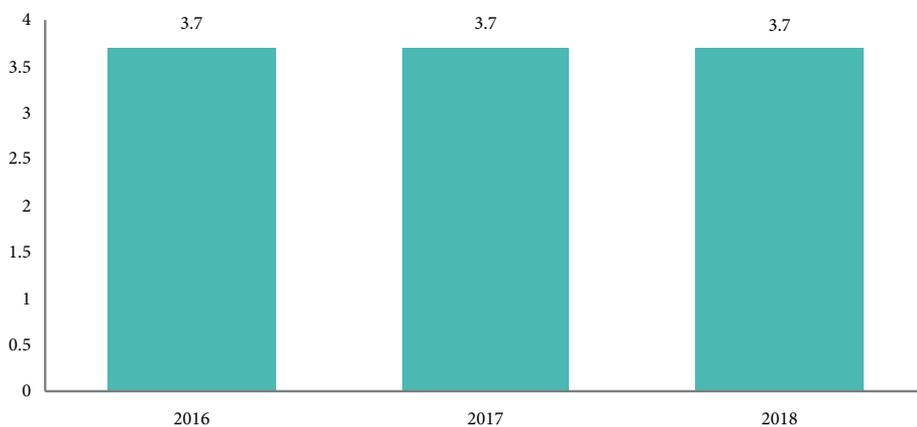
Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 157 muestra la utilización de energías renovables por parte de Ford Motor México en la totalidad de sus plantas ubicadas en el país. Se puede observar que el consumo de energías renovables es del 60 % del total de la energía utilizada, mientras que el consumo de las aguas residuales es del 75 % en todas las plantas automotrices. Asimismo, las distintas plantas de Ford Motor México redujeron sustancialmente tanto la emisión de aproximadamente 500 000 toneladas de CO₂ a la atmósfera a través la utilización del 15 % de ener-

gía solar, como el consumo de agua ahorrando en promedio un 62.5 % lo que equivale a casi 4 000 000 de litros de agua potable. Su principal objetivo es reducir el consumo del agua potable en un 75 % para este año 2020 y, para el futuro, eliminar el consumo de agua potable en los procesos de producción de los vehículos.

Igualmente, la totalidad de las plantas automotrices de Ford Motor México cuentan con una planta tratadora de aguas residuales (que son reutilizadas en los procesos de producción) y se encuentran entre las primeras cinco mejores plantas en el consumo de agua por vehículo producido de la compañía. Además, la planta de motores de Chihuahua utiliza el 100 % de sus aguas residuales, tanto para los procesos de manufactura como para los baños. Las plantas de estampados y ensamble de Hermosillo y Cuautitlán, así como la planta de transmisiones de Irapuato, reutilizan el agua tratada en más del 50 % en los procesos de producción. Todo lo anterior, les ha permitido reducir significativamente el consumo de agua potable y obtener el reconocimiento, por parte de las autoridades ambientales federales mexicanas, a la Planta de Motores I y II de Chihuahua con el Premio por un Uso Eficiente del Agua en materia de reciclaje.

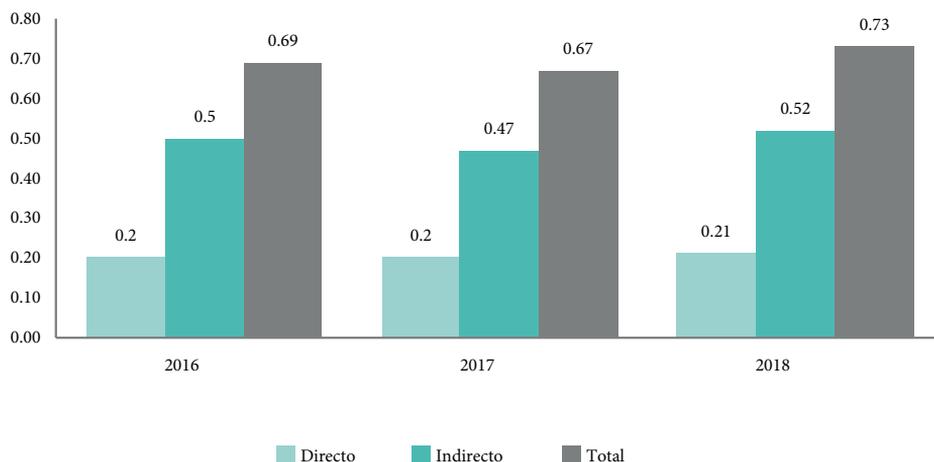
Gráfico 158. Utilización de agua por vehículo producido en Ford Motor México (m³/vehículo).



Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 158 indica la utilización de agua por vehículo producido en las plantas automotrices de Ford Motor México. Se observa que el consumo de agua por cada vehículo producido es prácticamente el mismo en los tres últimos años, al registrar una cantidad de consumo de 3.7 m³ de agua por vehículo producido en los años 2016, 2017 y 2018. Lo cual permite establecer que en promedio el consumo de agua en la producción de vehículos en las plantas automotrices de Ford Motor México se ha mantenido sin cambio alguno, por lo tanto las acciones y actividades de la economía circular que permitan una reducción significativa del consumo de agua por vehículo producido, no ha generado los resultados esperados en la totalidad de las plantas automotrices y se tienen que ajustar y/o modificar las acciones y actividades para que cada año sea menor la cantidad de agua potable que se requiera para la producción de cada vehículo, y se destine una mayor cantidad de agua potable al consumo humano.

Gráfico 159. Emisiones de CO₂ por vehículo producido en Ford Motor México (toneladas/vehículo).



Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 159 muestra las emisiones de CO₂ por vehículo producido en las plantas automotrices de Ford Motor México. Se puede observar que las emisiones de CO₂ directas son muy similares en los tres años analizados, pues es

exactamente la misma cantidad de emisiones (0.20 toneladas de CO₂ por vehículo producido) registrada en los años 2016 y 2017, y se incrementó ligeramente durante el año 2018 a 0.21 toneladas de las emisiones de CO₂ por vehículo producido. En el caso de las emisiones de CO₂ indirectas se registró una pequeña reducción de ellas, al pasar de 0.50 toneladas de CO₂ por vehículo producido en el año 2016 a una emisión de 0.47 toneladas de CO₂ por vehículo producido, e incrementaron ligeramente las emisiones a 0.52 toneladas de CO₂ por vehículo producido en el año 2018.

Gráfico 160. Emisiones de CO₂ en las plantas automotrices de Ford Motor México (millones de toneladas métricas).

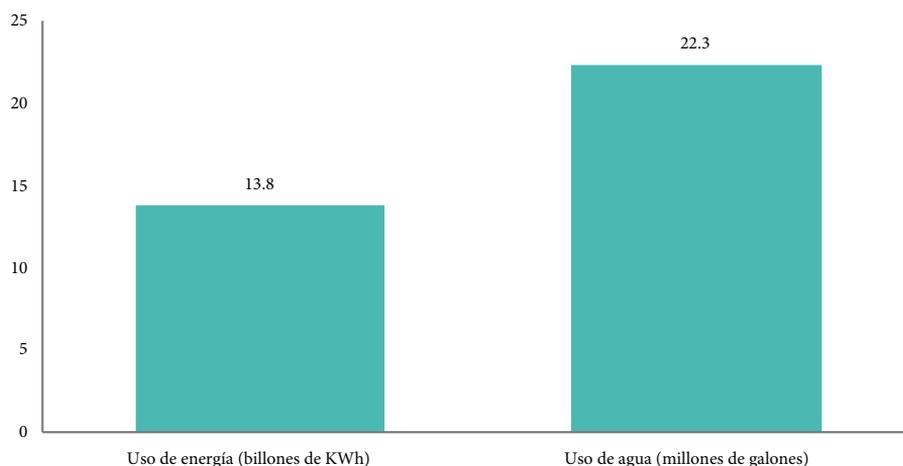


Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 160 indica las emisiones de CO₂ en las plantas automotrices de Ford Motor México ubicadas en las distintas regiones del país. Se puede observar que las emisiones directas de CO₂ aumentaron ligeramente al pasar de la emisión de 1,30 millones de toneladas métricas de CO₂ en 2016, a una emisión de 1,32 millones de toneladas métricas de CO₂ en 2017. Para 2018 hubo una pequeña reducción, al registrarse una emisión de 1,27 millones de toneladas métricas de CO₂. Respecto a las emisiones indirectas, se observa una reducción significativa al pasar de una emisión de 3,31 millones de toneladas métricas de CO₂ registradas en 2016 a una emisión de 3,12 millones de toneladas métricas de CO₂ en 2017, para registrar nuevamente una leve reducción al tener una emi-

sión de 3,11 millones de toneladas métricas de CO₂ durante 2018, lo cual permite establecer, en términos generales, la existencia de una reducción de las emisiones de CO₂ en la totalidad de las plantas de Ford Motor México.

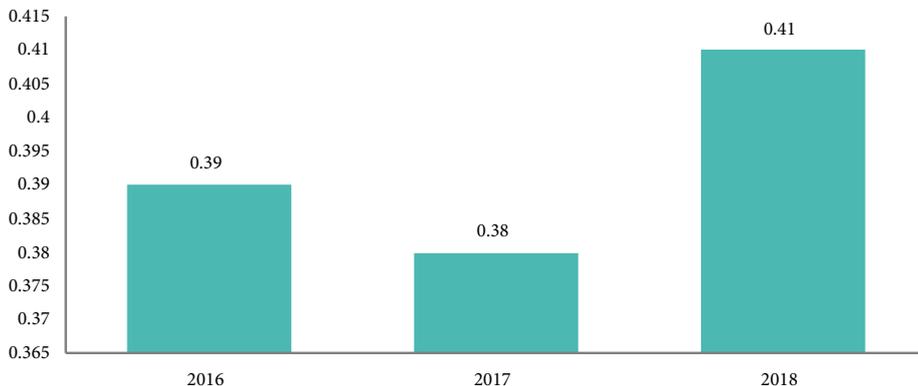
Gráfico 161. Cuidado de la naturaleza en las plantas de Ford Motor México.



Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 161 muestra el cuidado de la naturaleza que están realizando las plantas automotrices de Ford Motor México. Se puede observar que durante 2018 el uso de la energía para la producción de los vehículos representó un consumo de 13,8 billones de kilovatios hora. Mientras que el consumo de agua en la producción de vehículos representó 22,3 millones de galones, lo cual en términos generales representó una pequeña disminución tanto en el consumo de energía como en el consumo de agua con respecto al registrado al año anterior. Asimismo, es importante establecer que la disminución del consumo de energía y agua en la producción de vehículos en las plantas automotrices de Ford Motor México, por muy pequeño que este sea, representa una cantidad importante de emisiones de CO₂ y otro tipo de contaminantes que se dejan de enviar a la atmósfera y de agua que se destina al consumo humano, mejorando con este tipo de acciones el medioambiente y el desarrollo sustentable tanto de la organización en su conjunto, como de las distintas localidades donde se ubican las plantas automotrices.

Gráfico 162. Tiempos perdidos en la producción de vehículo en Ford Motor México (casos por 200 000 horas trabajadas).



Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 162 indica el tiempo perdido en promedio en la producción de vehículos en las plantas automotrices de Ford Motor México. Se puede observar una ligera disminución en los tiempos perdidos en la producción de vehículos al pasar de 0.39 casos por cada 200 000 horas trabajadas registradas en el año 2016 a un tiempo perdido en la producción de vehículos de 0.38 casos por cada 200 000 horas trabajadas en el año 2017, para generar un leve incremento en el tiempo perdido en la producción de vehículos al registrar 0.41 casos por cada 200 000 horas trabajadas durante el año 2018. Esto permite establecer la existencia de un pequeño incremento en los tiempos perdidos en la producción de vehículos, por lo cual se tienen que mejorar las acciones para disminuir los tiempos en la producción de vehículos y generar una menor cantidad de CO₂.

El gráfico 163 muestra la cantidad de auditorías de responsabilidad social realizadas a los socios que participan en la cadena de proveeduría de Ford Motor México. Se observa un incremento fundamental tanto en las evaluaciones iniciales como de seguimiento, al pasar de 23 auditorías iniciales de responsabilidad medioambiental registradas en el año 2016 a 27 en el año 2017, para incrementarse otra vez la cantidad de auditorías de responsabilidad social en el año 2018 a 30. En cuanto a las evaluaciones de seguimiento de las auditorías de responsabilidad social, también se registró un aumento esencial al pasar de un registro de 20 auditorías de seguimiento en el año 2016 a una cantidad de 24

auditorías de seguimiento en el año 2017, incrementándose sustancialmente nuevamente el número de auditorías en el año 2018 al registrar 56 auditorías de seguimiento. Lo cual permite establecer que las distintas empresas automotrices de Ford Motor México están preocupadas por las acciones del cuidado del medioambiente y del desarrollo sustentable que realizan sus socios.

Gráfico 163. Auditorías de responsabilidad social a los socios de la cadena de proveeduría de Ford Motor México.

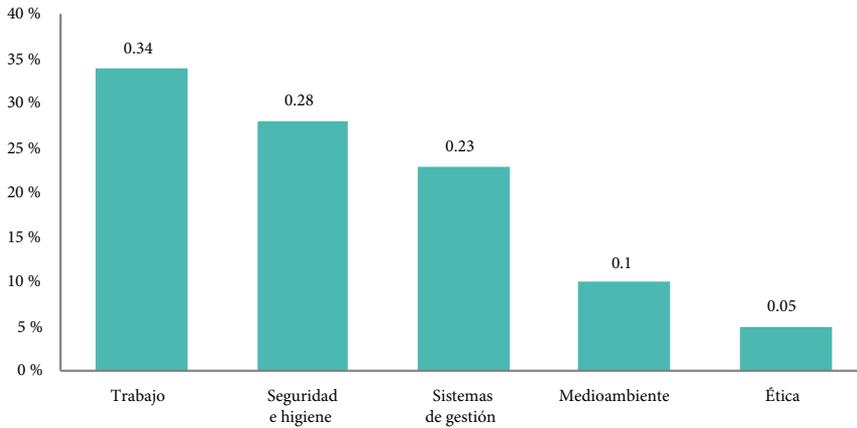


Fuente: Ford Motor Company.

El gráfico 164 indica los resultados de las distintas auditorías de responsabilidad social realizadas a los socios de la cadena de proveeduría de las plantas automotrices de Ford Motor México. Se puede observar que el 34 % de los resultados de las auditorías se orientaron en cuestiones referentes al trabajo, mientras que el 28 % fueron sobre las actividades de seguridad e higiene, el 23 % se centraron en los sistemas de gestión, el 10 % en cuestiones medioambientales y el 5 % restante en aspectos éticos de los negocios. Lo cual permite establecer que la mayoría de las auditorías de responsabilidad social tuvieron como resultados esenciales cuestiones laborales y de seguridad e higiene en las empresas de la cadena de proveeduría. Esto indica que no estaban aplicando correctamente las acciones y actividades de la economía circular que requieren las distintas empresas automotrices de Ford Motor México, por lo cual se tienen que reorientar sus actividades para cumplir con los requerimientos y es-

tándares que exigen las plantas automotrices de la compañía para pertenecer a su cadena de proveeduría.

Gráfico 164. Resultados de las auditorías de responsabilidad social a los socios de la cadena de proveeduría de Ford Motor México.



Fuente: Ford Motor Company.

6. La economía circular en Honda

Honda es una de las empresas de la industria automotriz que tiene poco tiempo de haber instalado una de sus plantas automotrices en México, ya que la marca no era conocida porque eran relativamente pocos los vehículos de su marca circulando por las avenidas y calles de México. Sin embargo, desde la construcción de la planta automotriz Honda México en Guanajuato, se ha incrementado exponencialmente la producción y venta de vehículos de esta marca en México, ya que, además de ser uno de los vehículos que tienen la mejor eficiencia y ahorro de combustible, los precios de los vehículos son muy accesibles para un importante segmento de consumidores. Al ser una empresa de origen japonés, tiene una filosofía empresarial de la calidad total y la mejora continua, por lo cual la implementación de las actividades de la economía circular generalmente forma parte de sus actividades cotidianas, aunado a que Japón es uno de los primeros países en promover e impulsar la aplicación de la economía circular.

Asimismo, Honda Corporation fue una de las primeras empresas automotrices que han adoptado e implementado una diversidad de actividades relacionadas con el cuidado del medioambiente y el desarrollo sustentable, primordialmente en sus plantas ubicadas en Japón, a través del apoyo a distintos grupos ambientalistas y ONG en el financiamiento de programas y actividades que conllevan el reciclaje de materias primas y materiales, así como en la conservación y cuidado del medioambiente. Adicionalmente, Honda Corporation ha diseñado e implementado un programa de desarrollo de sus principales proveedores de la cadena de suministro, de tal manera que se adopten e implementen las actividades de la economía circular en la totalidad de las empresas, reduciendo con ello no solamente el uso de las materias primas vírgenes y de energía, sino también los impactos negativos de la generación de CO₂ al medioambiente.

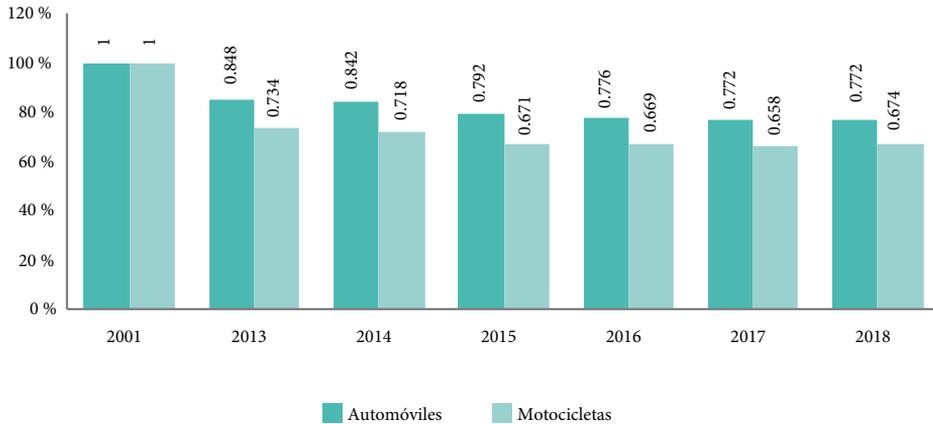
Además, la planta de Honda Corporation ubicada en México no es la excepción en el desarrollo de actividades relacionadas con el cuidado del medioambiente y la protección de los ecosistemas, ya que esta organización es una de las más activas en el financiamiento de proyectos de carácter social que tienen como finalidad reducir la generación de gases contaminantes emitidos a la atmósfera, así como mejorar las condiciones de vida de las comunidades donde se ubican sus plantas automotrices. Bajo este contexto, en las siguientes secciones se presentará la información, de Honda Corporation y Honda México, que está totalmente relacionada con las actividades de la economía circular que se implementan en todas las plantas automotrices de la compañía.

Honda Corporation

Honda Corporation es una de las empresas automotrices que tienen una fuerte presencia en los principales mercados mundiales, ya que los vehículos que produce generalmente tienen bajos costos y una excelente eficiencia en el combustible, además de que generalmente son vehículos pequeños adaptados para circular por las avenidas y calles de las grandes ciudades. Asimismo, al ser una empresa de origen japonés comúnmente implementa en la totalidad de sus plantas automotrices, establecidas en los diferentes países del mundo, una filosofía empresarial de la calidad total y de la mejora continua en todos sus procesos y productos, por lo cual la gestión del medioambiente y la mejora del desarrollo sustentable no le son ajenos, e incluso, muchas de sus acciones y ac-

tividades están encaminadas a la mejora significativa tanto del medioambiente como del cambio climático que afecta a la sociedad mundial.

Gráfico 165. Reducción de las emisiones de CO₂ de los vehículos de Honda Corporation (gramos/kilómetro).



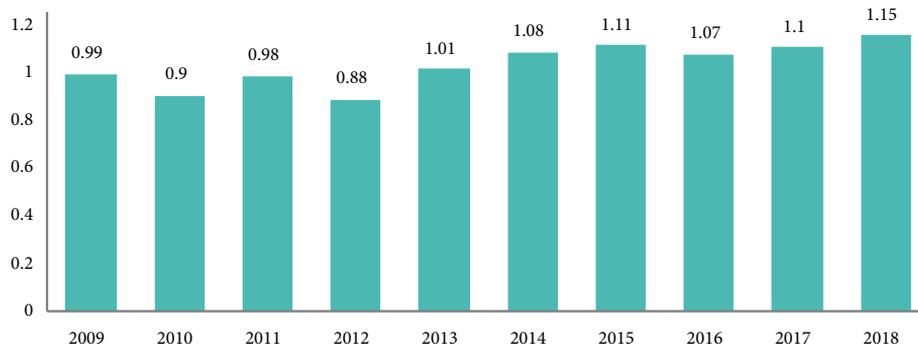
Fuente: Honda Corporation.

El gráfico 165 muestra la reducción de las emisiones de CO₂ de los vehículos producidos en las plantas automotrices de Honda Corporation. Se puede observar una disminución significativa en las emisiones de CO₂ de los automóviles al pasar a una emisión del 84.8 % de CO₂ en el año 2013 con respecto a la registrada en el año 2001, reduciéndose nuevamente las emisiones en el año 2016 al registrar un 77.6 % de emisiones de CO₂ con respecto al año 2001, y para el año 2018 se registró una emisión del 77.2 % de CO₂ con respecto al año 2001. Sobre la emisión de contaminantes en la producción de motocicletas, el mismo gráfico muestra también la existencia de una reducción sustancial, al pasar a una emisión de 73.4 % de CO₂ en el año 2013 con respecto a la registrada en el año 2001, para reducirse otra vez la emisión en el año 2018 a 67.4 % de CO₂ con respecto a la obtenida en el año 2001.

El gráfico 166 indica las emisiones de CO₂ de las distintas plantas automotrices de Honda Corporation establecidas alrededor del mundo. Se puede observar un leve incremento en las emisiones de CO₂, al pasar de 0.99 toneladas métricas por millón de CO₂ registradas en el año 2009 a una emisión de 1.01

toneladas métricas por millón de CO₂ en el año 2013, aumentando otra vez las emisiones a 1.11 toneladas métricas por millón de CO₂ en el año 2015, reduciéndose un poco las emisiones en el año 2016 al registrar 1.07 toneladas métricas de CO₂ por millón, aumentando un poco las emisiones en el año 2017, al registrar 1.10 toneladas métricas por millón de CO₂ y hasta llegar a una emisión de 1.15 toneladas métricas por millón de CO₂ registradas el año 2018. Lo anterior, permite establecer que las diferentes acciones y actividades implementadas por Honda Corporation en la totalidad de sus plantas automotrices, están generando resultados muy satisfactorios en el cuidado del medioambiente y del desarrollo sustentable, al reducir en un alto porcentaje las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Gráfico 166. Emisiones de CO₂ de las plantas automotrices de Honda Corporation (toneladas métricas por millón).



Fuente: Honda Corporation.

El gráfico 167 presenta las emisiones de CO₂ por vehículo producido en las plantas automotrices de Honda Corporation en la totalidad de sus plantas. Se observa la existencia de una reducción significativa de las emisiones de CO₂ por cada vehículo producido, al pasar de una emisión de 747 kilogramos de CO₂ por vehículo producido registrado en el año 2009 a una emisión de 582 kilogramos de CO₂ por vehículo producido registrado en el año 2013, incrementándose un poco las emisiones a 599 kilogramos de CO₂ por vehículo producido en el año 2015, reduciendo ligeramente las emisiones a 537 kilogramos de CO₂ por vehículo producido registrados en el año 2016 y aumentan-

do otra vez las emisiones en el año 2018 a 601 kilogramos de CO₂ por vehículo producido. Con respecto a las emisiones de CO₂ en la producción de cada una de las motocicletas, también se observa en el gráfico una reducción significativa al pasar de una emisión de 289 kilogramos de CO₂ por motocicleta producida registrada en el año 2009 a una emisión de 57 kilogramos de CO₂ por motocicleta producida registrada en el año 2018.

Gráfico 167. Emisiones de CO₂ por vehículo producido en Honda Corporation (kilogramos/vehículo).

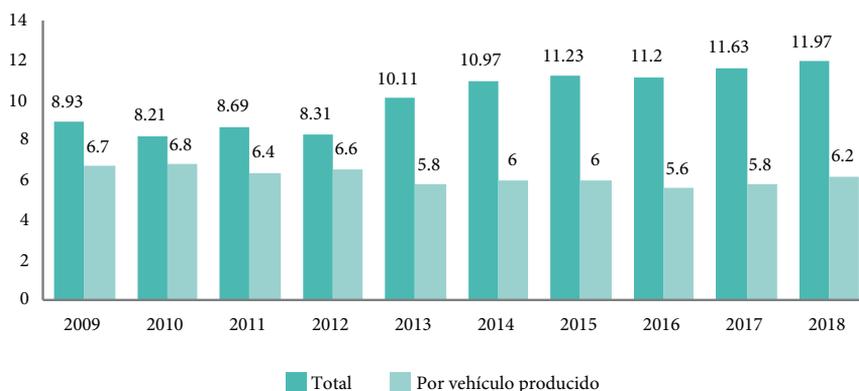


Fuente: Honda Corporation.

El gráfico 168 exhibe el empleo de energía en la producción de vehículos de Honda Corporation en sus distintas plantas automotrices establecidas en diversos países. Se puede observar una ligera disminución en el consumo de energía al pasar de un consumo de 6.7 gigajulios por millón en la producción de vehículos en el año 2009, a un consumo de 5.8 gigajulios por millón en la producción de vehículos registrada en el año 2013. Reduciéndose, otra vez, el consumo de energía a 5.6 gigajulios por millón en la producción de vehículos en el año 2016 y aumentando un poco durante el año 2018 al tener un consumo de energía de 6.2 gigajulios por millón en la producción de vehículos. Esto, permite establecer la existencia de una ligera reducción en el consumo de

energía en la producción de vehículos, pero no así en la totalidad del consumo de energía.

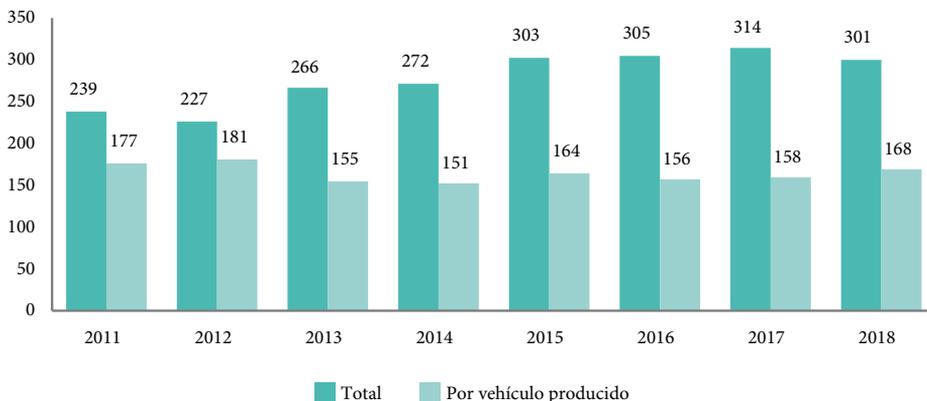
Gráfico 168. Consumo de energía en la producción de vehículos de Honda Corporation (GJ/millón).



Fuente: Honda Corporation.

El gráfico 169 enseña la generación de residuos sólidos industriales por vehículo producido en las plantas automotrices de Honda Corporation ubicadas alrededor del mundo. Se observa la existencia de una reducción significativa en la generación de residuos sólidos industriales por vehículo producido al pasar de una generación de residuos sólidos de 177 toneladas métricas por mil vehículos producidos en el año 2011 a una generación de residuos sólidos de 155 toneladas métricas por mil vehículos producidos registrada en el año 2013, aumentando ligeramente la generación de residuos sólidos en el año 2016 al pasar a 156 toneladas métricas por mil vehículos producidos, aumentando nuevamente la generación de residuos sólidos industriales durante el año 2018 al llegar a 168 toneladas métricas por mil vehículos producidos. Lo cual permite establecer que las distintas acciones y actividades implementadas por las diversas plantas automotrices de Honda Corporation están generando resultados satisfactorios que están beneficiando al medioambiente y al desarrollo sostenible a nivel mundial.

Gráfico 169. Generación de residuos sólidos industriales de Honda Corporation (toneladas métricas por mil).



Fuente: Honda Corporation.

El gráfico 170 indica los desechos de residuos sólidos industriales de las empresas automotrices de Honda Corporation establecidas en distintos países. Se puede observar una importante disminución de los desechos, al pasar de una cantidad de 26.2 toneladas métricas de residuos sólidos por mil vehículos producidos registrada en 2001 a una cantidad de 1.4 toneladas métricas de residuos sólidos por mil vehículos producidos registrada en 2013, incrementándose a 7.6 toneladas métricas de residuos sólidos por mil vehículos producidos durante 2015, reduciéndose significativamente la cantidad de desechos industriales a 1.1 toneladas métricas de residuos sólidos por mil vehículos producidos registrados en 2016, y aumentando ligeramente a 1.5 toneladas métricas de residuos sólidos por mil vehículos producidos registrado en 2018. Lo cual permite establecer que las acciones de mejora del medioambiente y el desarrollo sustentable implementadas por Honda Corporation están dando buenos resultados.

El gráfico 171 muestra al consumo de agua en la producción de vehículos de Honda Corporation en sus distintas plantas automotrices establecidas alrededor del mundo. Se puede observar una disminución en el consumo de agua en la producción de vehículos al pasar de 800 galones de agua por millón de vehículos producidos registrados en 2009, a 740 galones de agua por millón de vehículos producidos en 2013, reduciendo el consumo de agua a 730 galones por millón de vehículos producidos en 2015, incrementándose ligeramente a

799 galones de agua por millón de vehículos producidos durante el año 2017, y reduciéndose ligeramente el consumo de agua en 2018 al registrar 769 galones por millón de vehículos producidos.

Gráfico 170. Desechos de residuos sólidos industriales de Honda Corporation (toneladas métricas por mil).



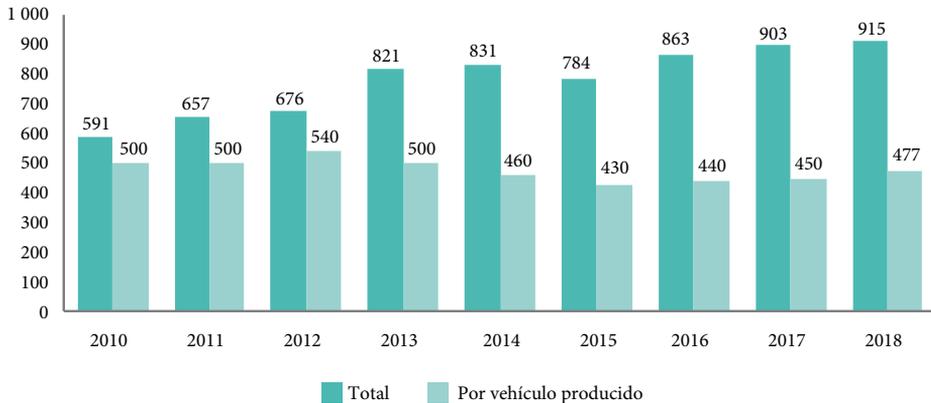
Fuente: Honda Corporation.

Gráfico 171. Consumo de agua en la producción de vehículos de Honda Corporation (galones /millón).



Fuente: Honda Corporation.

Gráfico 172. Descargas de aguas residuales de las plantas de Honda Corporation (galones/millón).



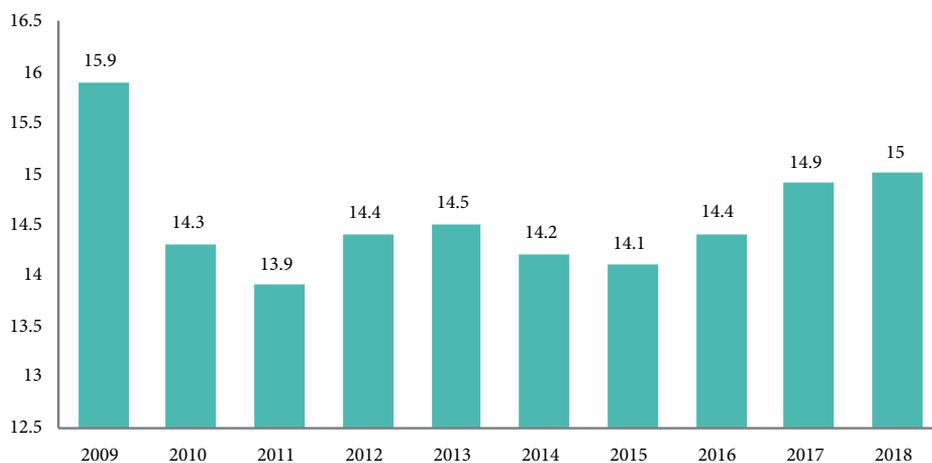
Fuente: Honda Corporation.

El gráfico 172 establece las descargas de aguas residuales de las plantas automotrices de Honda Corporation establecidas en distintos países del mundo. Se puede observar una disminución sustancial en las descargas de aguas residuales al pasar de un registro de 500 galones de aguas residuales por millón de vehículos producidos en el año 2010, a una descarga de 460 millones de galones de aguas residuales por millón de vehículos producidos durante el año 2014, para luego reducirse nuevamente las descargas a 440 galones de aguas residuales por millón de vehículos producidos en el año 2016, aumentando ligeramente la descarga a 450 galones por millón de vehículos producidos durante el año 2017, registrando nuevamente un incremento en la descarga de aguas residuales en el año 2018 al registrar 477 galones por millón de vehículos producidos. Lo anterior, permite establecer que las diversas acciones y actividades implementadas por las plantas automotrices de Honda Corporation, están generando resultados excelentes que están mejorando significativamente el medioambiente y el desarrollo sustentable globales.

El gráfico 173 expone las emisiones de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) generados en el proceso de pintura de los vehículos producidos por las distintas plantas automotrices de Honda Corporation. Se puede observar la existencia de una ligera disminución en las emisiones de COV, al pasar de un registro de 15.9 gramos de COV por m² en el proceso de pintura de los vehícu-

los en el año 2009 a una emisión de 14.5 gramos de COV por m² en el proceso de pintura de los vehículos en el año 2013, reduciéndose nuevamente las emisiones durante el año 2015 al registrar 14.1 gramos de COV por m². Pero, se registró un ligero aumento de las emisiones a 14.9 gramos de COV por m² en el proceso de pintura de los vehículos en el año 2017, aumentando nuevamente las emisiones a 15 gramos de COV por m² en el proceso de pintura de los vehículos obtenida en el año 2018. Lo cual, permite establecer que las acciones implementadas por las distintas plantas automotrices de la compañía contribuyen a la mejora del medioambiente y el desarrollo sustentable global.

Gráfico 173. Emisiones de COV en el proceso de pintura de los vehículos de Honda Corporation (gramos/m²).

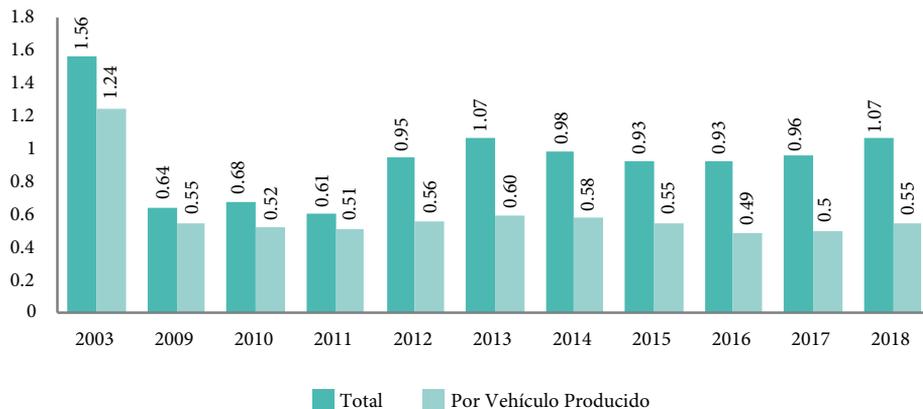


Fuente: Honda Corporation.

El gráfico 174 indica la cantidad de residuos químicos generados por las plantas automotrices de Honda Corporation. Se observa una reducción sustancial en la generación de residuos químicos al pasar de una generación de 1.24 toneladas métricas de residuos químicos por mil vehículos producidos registrada en el año 2003 a una generación de 0.55 toneladas métricas de residuos químicos por mil vehículos producidos registrada en el año 2009, pero aumentó ligeramente esta cantidad al registrar 0.60 toneladas métricas de residuos químicos por mil vehículos producidos obtenidos en el año 2013, reduciéndose

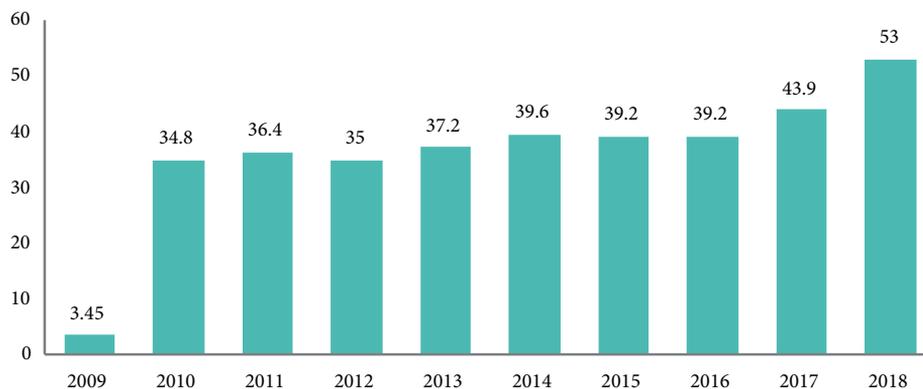
se nuevamente en el año 2018 al tener 0.55 toneladas métricas de residuos químicos por mil vehículos producidos. Esto permite establecer que las acciones para disminuir los residuos químicos están siendo efectivas.

Gráfico 174. Residuos químicos de las plantas automotrices de Honda Corporation (toneladas métricas por mil).



Fuente: Honda Corporation.

Gráfico 175. Reciclaje de partes y residuos electrónicos de Honda Corporation (libras/millón).



Fuente: Honda Corporation.

El gráfico 175 muestra la cantidad de reciclaje de partes y residuos electrónicos que generan las plantas automotrices de Honda Corporation establecidas en distintos países del mundo. Se puede observar la existencia de un incremento significativo en el reciclaje de los residuos, al pasar de 3.45 libras de residuos electrónicos por millón de vehículos producidos registrada en el año 2009, a una cantidad de 37.2 libras de residuos electrónicos por millón de vehículos producidos en el año 2013, incrementándose nuevamente la cantidad del reciclaje a 39.2 libras de residuos electrónicos por millón de vehículos producidos generados en el año 2016, aumentando otra vez la cantidad del reciclaje a 53 libras de residuos electrónicos por millón de vehículos producidos en el año 2018. Lo cual, permite establecer que las acciones y actividades implementadas por Honda Corporation están dando excelentes resultados.

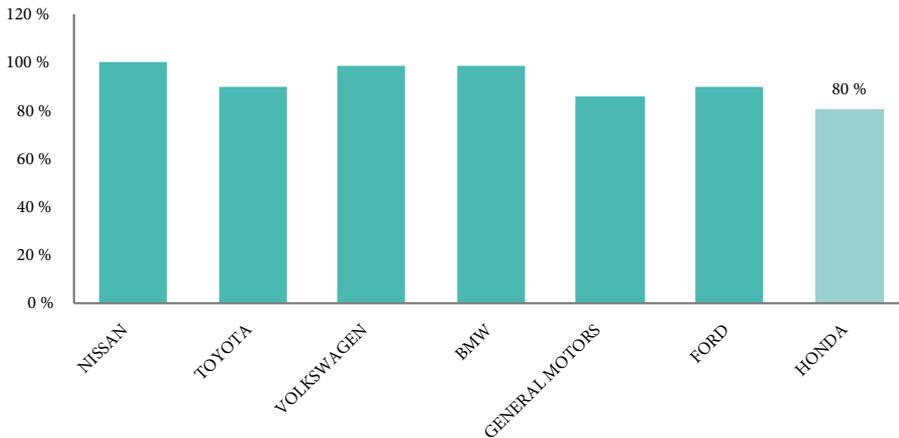
Honda México

Honda es una de las empresas de la industria automotriz que recientemente ha ubicado algunas de sus plantas automotrices en México, aun cuando algunos de sus modelos de vehículos ya se vendían en el mercado mexicano, pero a partir de la primera década del actual siglo es que inicia el crecimiento exponencial de la producción de vehículos en México, y es precisamente cuando Honda México comienza con la producción de vehículos en su planta establecida en el estado de Guanajuato. Asimismo, como cualquier otra empresa manufacturera de origen y capital japonés Honda México tiene una filosofía empresarial orientada a la calidad total y a la mejora continua de todos los productos que fabrica, por lo cual sus vehículos tienen un excelente posicionamiento entre los consumidores mexicanos, además de que parte de su filosofía empresarial también está orientada al cuidado del medioambiente y del desarrollo sustentable. Para ello, ha adoptado e implementado una diversidad de acciones buscando que le permitan reducir significativamente las emisiones de CO₂ a la atmósfera, el consumo de energía y agua, así como de reciclar la mayor parte de los residuos que generan sus plantas automotrices.

El gráfico 176 muestra los residuos sólidos industriales reutilizados por Honda Corporation en todas sus plantas ubicadas en distintos países, entre los que se encuentra la planta automotriz establecida en México. Se puede observar que Honda Corporation reutiliza el 80 % del total de los residuos sólidos industriales que genera. Asimismo, las distintas acciones de reciclaje de los re-

siduos sólidos industriales le ha permitido a Honda México disminuir en un 4.2 % los residuos sólidos totales, generando en la actualidad solamente 157 kilogramos por vehículo producido, el cual es el nivel más bajo en los últimos cinco años de la compañía, y enviando aproximadamente 2 900 toneladas de residuos industriales a los vertederos municipales, los cuales representan menos del 1 % del total de los residuos generados por Honda Corporation.

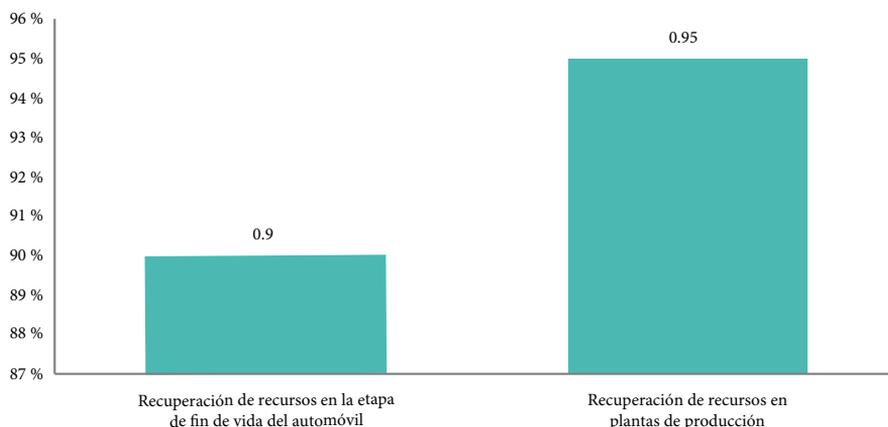
Gráfico 176. Residuos sólidos industriales reutilizados por Honda México.



Fuente: Elaboración propia con datos de las empresas armadoras de automóviles.

El gráfico 177 indica el reciclaje de los materiales y materias primas de Honda Corporation en la totalidad de sus plantas ubicadas alrededor del mundo, entre ellas la establecida en México. Se observa que la recuperación de los recursos en la etapa final del ciclo de vida útil de los vehículos es de un 90 %, mientras que la recuperación de los recursos en las plantas de producción fue del 95 %. Además, Honda México usualmente promueve y aplica las 3R's, pues garantiza un procesamiento adecuado en la eliminación de productos al final de su vida útil, al reciclar los materiales y materias primas como el plástico, metales y cartón, para reincorporarlos a los procesos productivos, utilizando generalmente el plástico para la elaboración de salpicaderas, asientos y otros tipos de accesorios para los tableros, logrando su meta de cero residuos.

Gráfico 177. Reciclaje de materiales y materias primas por Honda México.



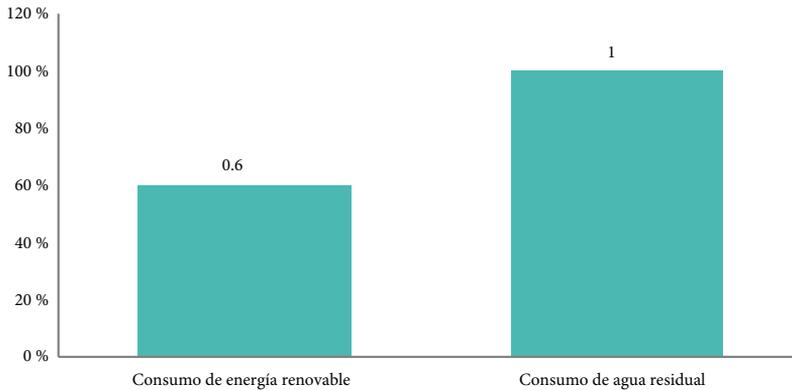
Fuente: Honda Corporation.

Además, las principales acciones que está implementando Honda México para reducir el reciclaje de los materiales y materias primas son: reducir el tamaño de las hojas de acero utilizadas para estampar las piezas de los vehículos, reutilizar la arena usada en las operaciones de fundición de aluminio y metales ferrosos, cambiar el embalaje de las piezas para que sea reciclable, construir contenedores de reciclaje para los materiales, reducir al mínimo el desperdicio de papel y plástico en las cafeterías y haciendo compostaje de los residuos de los alimentos. Asimismo, con respecto al porcentaje reciclable para todos los vehículos nuevos y rediseñados en el año fiscal 2019, Honda México tuvo como meta el 90 % para los automóviles y el 95 % para las motocicletas, así como un porcentaje de recuperación de un poco más del 95 % para los componentes y/o materiales que son utilizados en el proceso de generación de energía.

El gráfico 178 muestra la utilización de energías renovables por parte de Honda Corporation en todas sus plantas automotrices ubicadas en diversos países, entre ellas la establecida en México. Se puede observar que el consumo de energía renovable representa el 60 % del total de la energía de la compañía, mientras que el consumo de agua residual representa el 100 % del agua que se recicla. Asimismo, con la visión de contribuir a una sociedad con cero impacto medioambiental, la empresa Honda Corporation a partir del año 2014, se puso como un objetivo central reducir las emisiones de CO₂ al 50 % para el año

2050 y considera que la diversificación energética es clave, por lo cual promueve constantemente la producción y venta de vehículos eléctricos. Para el año 2030 se tiene como meta esencial generar que dos tercios de sus ventas mundiales sean automóviles eléctricos, la cual es muy ambiciosa.

Gráfico 178. Utilización de energías renovables por Honda México.



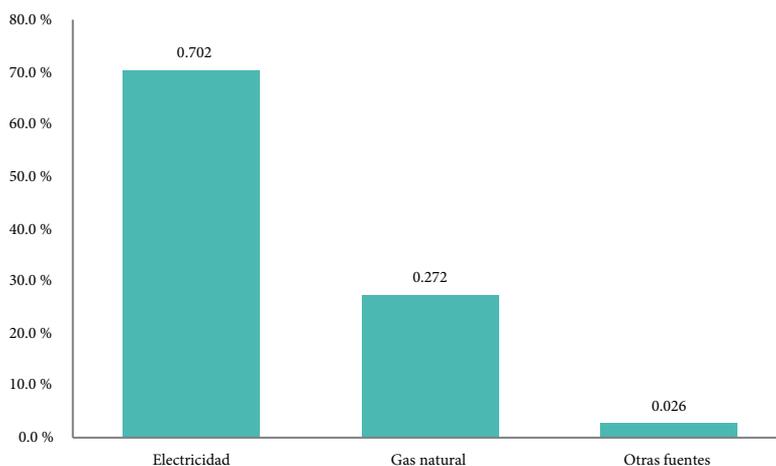
Fuente: Honda Corporation.

Además, en lo referente a los recursos hídricos, Honda Corporation está realizando esfuerzos para reducir significativamente el consumo de agua por debajo de los 29 millones de m³ en todas sus plantas ubicadas alrededor del mundo, entre ellas la establecida en México, aun cuando el uso total del agua para la producción de vehículos se redujo en un 3.9 % al llegar a un consumo total de 1.35 millones de galones de agua, mientras que el consumo de agua disminuyó en un 1.9 % por cada vehículo producido al registrar 754 galones de agua. Asimismo, Honda Corporation recicla y reutiliza aproximadamente 4,8 millones de m³ de aguas residuales en los procesos productivos, lo que representa alrededor del 20 % del total del consumo de agua de la compañía. El objetivo de Honda Corporation en un futuro cercano es la instalación de un sistema de reciclaje completo que le permita la reutilización del 100 % de las aguas residuales.

Adicionalmente, con el propósito de eliminar (lo máximo posible) los riesgos relacionados con la disposición de los recursos que frecuentemente ocurren en diferentes etapas, que van desde su adquisición hasta su eliminación, Honda Corporation está abordando este problema a través de la coope-

ración con sus principales abastecedores de la cadena de proveeduría para encontrar recursos alternos. Además, con la finalidad de reducir (lo máximo posible) las emisiones de CO₂ y otro tipo de contaminantes peligrosos al medioambiente, Honda Corporation ha firmado diversos acuerdos para la compra de energía eólica y solar que cubrirá un poco más del 60 % de la energía que la compañía utiliza en sus plantas automotrices ubicadas en América del Norte, entre ellas la que se encuentra en el estado de Guanajuato.

Gráfico 179. Emisiones de CO₂ por recurso de Honda México.

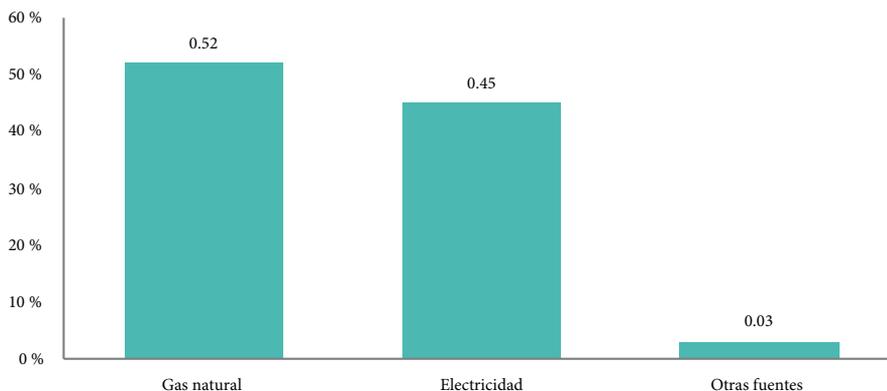


Fuente: Honda Corporation.

El gráfico 179 indica la cantidad de emisiones de CO₂ por recurso que generan las dos plantas automotrices de Honda México. Se puede observar que el 70.2 % de las emisiones totales de CO₂ de la producción de vehículos son generadas por el consumo de electricidad, mientras que el 27.2 % de las emisiones totales de CO₂ de la producción de vehículos son generadas por el consumo de gas natural, y el 2.6 % de las emisiones totales de CO₂ de la producción de vehículos son generadas por otras fuentes de energía. Por lo tanto, es posible establecer que las distintas acciones y actividades que están implementando las dos plantas automotrices de Honda México están generando más emisiones de CO₂ a través del consumo de electricidad, por lo cual se tiene que readecuar la estrategia para incrementar el uso de energías renovables que generen una me-

nor cantidad de emisiones de contaminantes a la atmósfera, y reducir significativamente, en los próximos años, el consumo de energías no renovables como la electricidad y el gas natural, por energías eólicas y/o solares.

Gráfico 180. Consumo de energía por recurso de Honda México.



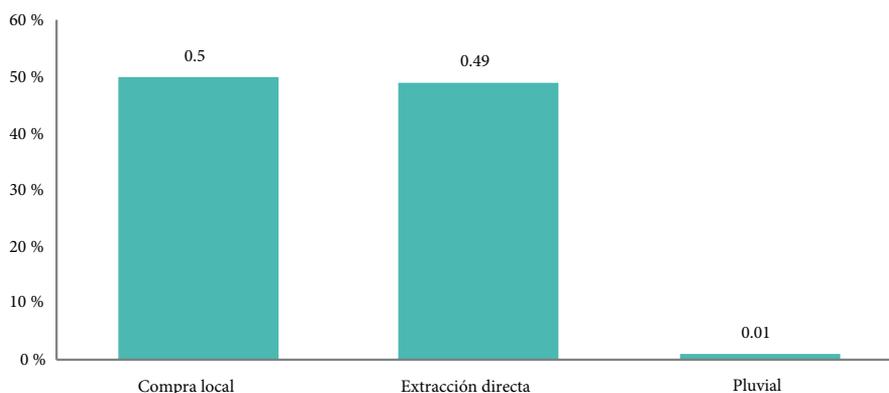
Fuente: Honda Corporation.

El gráfico 180 muestra el consumo de energía por cada recurso de las dos plantas automotrices de Honda México. Se observa que el 52 % del total del consumo de energía es a través del uso de gas natural, mientras que el 45 % del total del consumo de energía lo representa la electricidad y el 3 % restante del consumo total lo representan otras fuentes de energía. Esto permite establecer que el consumo de energía, de las dos plantas automotrices de Honda México, en el año 2018 se orienta esencialmente en energías no renovables, ya que, aun cuando el gas natural genera una menor cantidad de emisiones de CO₂ a la atmósfera comparado con la electricidad, es necesario que se readequen las acciones para que las dos plantas automotrices de Honda México cambien el consumo de energías no renovables a las energías eólica y/o solar que emiten una menor cantidad de CO₂.

El gráfico 181 indica el consumo de agua por recurso en las dos plantas automotrices de Honda México. Se observa que el 50 % del total del consumo de agua en la producción de vehículos lo representa la compra local, es decir, por medio del suministro de agua que proviene de la red hidráulica municipal, mientras que el 49 % del total del consumo de agua en la producción de vehí-

culos proviene de la extracción directa a través de pozos profundos propios. El restante 1 % del total del consumo de agua en la producción de vehículos proviene del agua de lluvia. Todo lo anterior, permite establecer que las dos plantas automotrices de Honda México tienen que readecuar sus acciones y actividades para tratar de captar un mayor porcentaje de agua pluvial, para que pueda ser utilizada tanto en la producción de vehículos como en el enfriamiento de las torres, lo cual permitiría una reducción del consumo de agua proveniente de la red hidráulica municipal y de los pozos profundos, para que esta sea utilizada para el consumo humano.

Gráfico 181. Consumo de agua por recurso de Honda México.

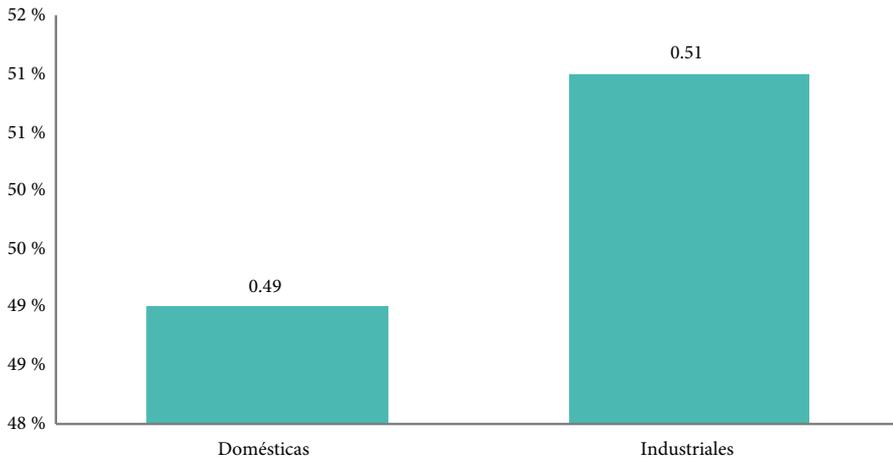


Fuente: Honda Corporation.

El gráfico 182 indica la descarga de aguas residuales generadas por las dos plantas automotrices de Honda México. Se puede observar que, del total de las descargas de aguas residuales, el 49 % de ellas lo representan las descargas domésticas, mientras que el 51 % del total de las descargas de aguas residuales lo representan las aguas industriales. Es decir, del total de las descargas de aguas residuales que generan las dos plantas automotrices de Honda México, el 51 % le corresponde a la producción de automóviles. Por lo tanto, es posible establecer que aun cuando la mayor parte de las descargas de aguas residuales la genere la producción de vehículos, es importante que Honda México implemente acciones tendientes a reutilizar la mayor cantidad posible de las aguas residuales que generan sus dos plantas automotrices, tanto en la producción de vehículos

como en su utilización en los sanitarios, en las oficinas de gestión y en las áreas verdes, de tal manera que se descargue el menor porcentaje de aguas residuales a la red de alcantarillado municipal, y se evite con este tipo de acciones la contaminación de los arroyos y mantos acuíferos de las localidades donde se ubican sus plantas automotrices.

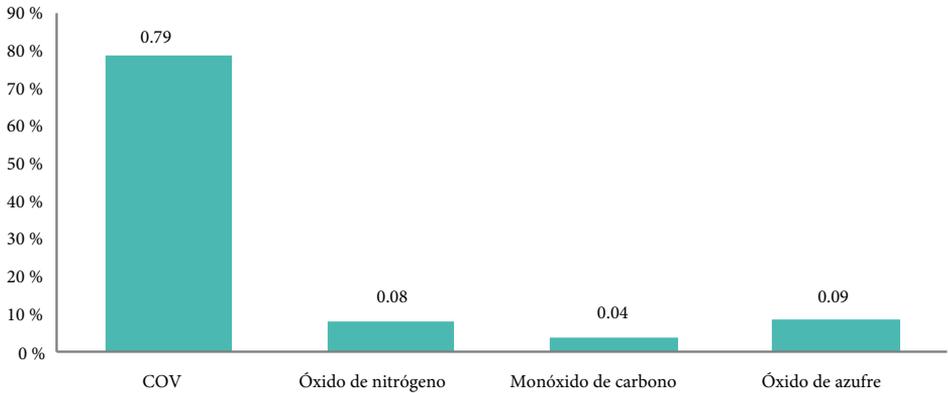
Gráfico 182. Descargas de aguas residuales de Honda México



. Fuente: Honda Corporation.

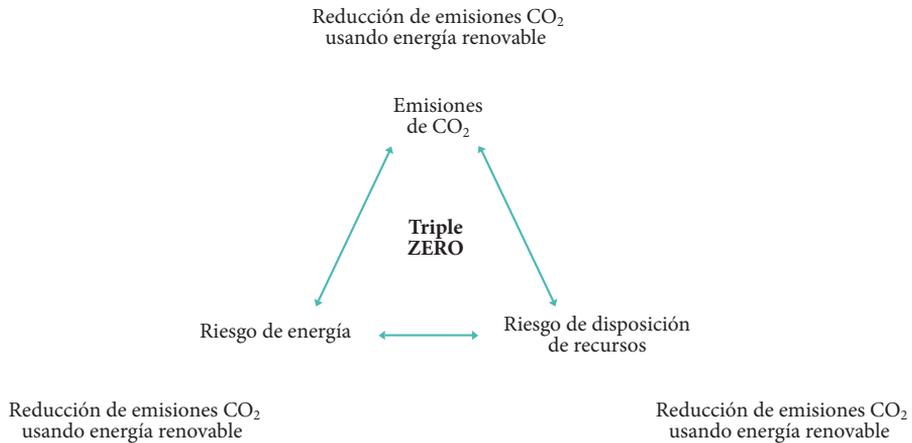
El gráfico 183 muestra las emisiones de contaminantes a la atmósfera que son generadas por las dos plantas automotrices de Honda México. Se puede observar que la emisión más importante de contaminantes la representan los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) con un registro del 79 % del total de los contaminantes generados en la producción de vehículos, mientras que el 9 % del total de emisiones de contaminantes generados en la producción de vehículos lo representa el óxido de azufre. Por su parte, el 8 % del total de los contaminantes generados en la producción de vehículos es el óxido de nitrógeno y el 4 %, del total de las emisiones de contaminantes generados en la producción de vehículos, lo representa el monóxido de carbono. Esto permite establecer que las emisiones que son importantes reducir, son los COV.

Gráfico 183. Emisiones de contaminantes a la atmósfera de Honda México.



Fuente: Honda Corporation.

Figura 48. Programas ambientales y de desarrollo sustentable de Honda México.



Fuente: Adaptado de Honda Corporation.

La figura 48 muestra los tres principales programas ambientales y de desarrollo sustentable que está implementando Honda Corporation en la totalidad de sus plantas automotrices establecidas alrededor del mundo, entre ellas la ubicada en México. Se observa que el primer programa se centra básicamente en

la reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera a través del uso de energías renovables, el segundo programa se refiere a la reducción de los riesgos en el uso y disposición de los recursos y, el tercero de los programas se centra en la reducción de los riesgos de la obtención y uso de las energías renovables en la producción de vehículos. Además, para lograr estos tres principales planes medioambientales, Honda Corporation ha implementado una serie de acciones que buscan minimizar el uso de combustibles fósiles y el resto de los recursos de la tierra en cada una de las etapas del ciclo de vida de sus vehículos.

Asimismo, con la finalidad de minimizar los impactos negativos al medioambiente, incluyendo las emisiones de los gases de efecto invernadero, Honda Corporation está implementando las siguientes acciones de sustentabilidad: 1) haremos esfuerzos para reciclar materiales y conservar recursos y energía en cada etapa del ciclo de vida de nuestros productos, desde investigación, diseño, producción y ventas, hasta servicios y eliminación; 2) haremos todo lo posible para minimizar y encontrar métodos apropiados para eliminar los desechos y contaminantes que se producen mediante el uso de nuestros productos y en cada etapa del ciclo de vida de estos productos; 3) como miembro de la empresa y de la sociedad, cada asociado se centrará en la importancia de hacer esfuerzos para preservar la salud humana y el medio ambiente global, y hará su parte para garantizar que la empresa en su conjunto actúe de manera responsable, y 4) consideraremos la influencia que nuestras actividades corporativas tienen en el entorno regional y la sociedad, y nos esforzaremos por mejorar la posición social de la empresa.

Figura 49. Programa medioambiental E-Learning de Honda México.

Problemas de cambio climático

- Conciencia del problema ambiental.
- Industria automotriz y cambio climático.
- Iniciativa ambiental de Honda.

Problema energético

- Problemas energéticos en la sociedad.
- Honda y problemas energéticos.

Fuente: Adaptado de Honda Corporation.

La figura 49 muestra el programa medioambiental *E-Learning* que está implementando en la actualidad Honda Corporation en todas sus plantas automotrices ubicadas en distintos países, entre los que se encuentra la planta automotriz ubicada en México. Se puede observar que este programa contiene dos elementos esenciales, por un lado, los elementos del cambio climático que están integrados por tres acciones y, por el otro lado, los elementos del uso de energía, los cuales contienen dos acciones básicas. Además, el programa medioambiental *Honda E-Learning* es un tutorial tipo cuestionario diseñado para profundizar en el conocimiento sobre temas ambientales y las iniciativas medioambientales que está implementando Honda Corporation, esencialmente en dos problemas más sentidos a nivel mundial:

1. Problemas de cambio climático
 - Conciencia de los problemas ambientales.
 - Autoindustria y cambio climático.
 - Iniciativas ambientales de Honda.

2. Problemas energéticos
 - Problemas energéticos en la sociedad.
 - Honda y problemas energéticos.

La figura 50 muestra el programa medioambiental de las 3R's de los materiales que se está implementando en las plantas automotrices de Honda México. Se puede observar cómo prácticamente la reducción, la reutilización y el reciclaje de las materias primas y materiales tienen efectos en la totalidad de las etapas de la producción de los vehículos, es decir, desde el diseño de los vehículos hasta que termina su ciclo de vida útil, separando desde luego los materiales y materias primas que son factibles de reciclarse de aquellas que son muy peligrosas y que no es factible su reutilización y reciclaje. Lo cual permite establecer que todos los procesos productivos de las plantas automotrices de Honda México tienen como acciones clave la reducción, reutilización y reciclaje de los distintos materiales y materias primas utilizadas en la producción de vehículos, Esto le permite a la organización contribuir en el cuidado del medioambiente y el desarrollo sustentable de las localidades donde se ubican sus plantas automotrices.

Figura 50. Programa medioambiental de las 3R's de Honda México.

	Etapa de desarrollo	Etapa de adquisición de recursos / manufactura / ventas	Etapa de uso del producto	Etapa de eliminación de productos al final de su vida útil
Reducir	Diseño enfocado en reducción	Iniciativa para ahorro de recursos		
Reusar	Diseño enfocado en reusar y reciclar		Reuso de partes usadas	
Reciclar		Reciclaje de productos		
		Reciclaje de productos al final de su vida útil		
		Reducción de sustancias peligrosas		Cumplimiento de la ley de reciclaje en productos fuera de uso e iniciativas voluntarias

Fuente: Adaptado de Honda Corporation.

Conclusiones generales

La información presentada en los apartados anteriores permite concluir en términos generales que, a pesar de que en México no se cuenta con ninguna ley o normatividad que establezca que las empresas manufactureras de todos los sectores e industrias tengan la obligatoriedad de adoptar e implementar las distintas actividades de la economía circular, o bien que promuevan entre el sector empresarial el cambio de un modelo tradicional de producción de economía lineal a un nuevo modelo de producción basado en la economía circular, mediante el cual se integran tres actividades fundamentales en la totalidad de los procesos productivos de las empresas: reducir, reutilizar y reciclar. Lo cual permite a las empresas manufactureras, particularmente a aquellas que integran la industria automotriz, no solamente la implementación de acciones y actividades que mejoren significativamente el medioambiente y el nivel del desarrollo sustentable,

sino también contribuir con la reducción del cambio climático que afecta a la sociedad mundial.

Sin embargo, los resultados encontrados a través de la aplicación del instrumento de recolección de la información, permiten concluir que la mayoría de las empresas manufactureras que integran la industria automotriz están implementando las diversas acciones y actividades que conlleva el modelo de la economía circular. La búsqueda de información en las principales empresas automotrices productoras de vehículos ubicadas en México, establece con claridad la implementación de distintas actividades que integran la economía circular como parte de sus acciones y estrategias empresariales. Las cuales, han permitido tanto el reciclaje como la reutilización de la mayoría de los residuos sólidos industriales que generan las empresas en sus procesos productivos, para reincorporarlos en la producción de nuevos vehículos u otro tipo de productos industriales, reduciendo significativamente, con este tipo de acciones, las emisiones de CO₂ y otros contaminantes tanto a la atmósfera como a los mantos freáticos, ríos y arroyos de las localidades donde se encuentran establecidas las plantas automotrices.

Asimismo, la literatura señala que el primer paso para cambiar el paradigma existente entre la comunidad empresarial sobre el modelo de la economía circular y dejar de lado el tradicional modelo de economía lineal de *prodúzcalo, cómprelo, úselo y tírelo*; ya se ha dado. Debido a que prácticamente en todas las empresas armadoras de vehículos se están desarrollando las actividades de la economía circular. En algunas de ellas más de un tipo de acciones que otras y en algunas se tiene un mayor nivel de desarrollo que en otras, pero lo importante es que en todas ellas la adopción e implementación del modelo productivo de la economía circular ya está en marcha desde hace algunos años. Ahora, falta que las empresas automotrices apoyen a todas las empresas que participan en la cadena de proveeduría de su industria, para que adopten e implementen también las actividades de la economía circular en sus procesos de producción, particularmente a través de la aplicación de las 3R's.

Bajo este contexto, es importante que en este momento se realice una profunda reflexión sobre la importancia que tienen las actividades de la economía circular en las empresas manufactureras, en particular en aquellas que integran la industria automotriz no solamente de las establecidas en México, sino de cualquier parte del mundo. Esto, no solo para reducir, reutilizar y reciclar de manera significativa la cantidad de residuos sólidos industriales, sino también

para producir vehículos que utilicen materiales y materias primas recicladas y que generen menores niveles de contaminantes de CO₂ al medioambiente: vehículos eléctricos e híbridos. También es importante para que utilicen energías renovables en la totalidad de sus procesos productivos que contribuyan a la reducción del cambio climático, de tal manera que identifique a las empresas automotrices y sus principales proveedores que participan en la cadena de proveeduría, como las empresas manufactureras más innovadoras y que generen productos que no dañan el medioambiente y son sustentables.

En este sentido, la reflexión sobre la importancia que tiene el modelo de negocio de la economía circular en las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, se orientará en la realización de una serie de recomendaciones que se consideran como esenciales con el único objetivo de aportar evidencia que contribuya al mejoramiento, no solamente de la mejora del medioambiente y del nivel del desarrollo sustentable, sino también del medioambiente de los negocios y de la situación económica y social que enfrenta actualmente, tanto la sociedad de México como la sociedad global. Dichas recomendaciones, las cuales se tratará sean de carácter general, se dividirán en dos apartados sustanciales para que el lector de esta obra pueda distinguir con mayor facilidad aquellas que van dirigidas al sector empresarial y las que competen al sector gubernamental.

1. **Sector Empresarial:** La implementación de las actividades de la economía circular conlleva una serie de cambios tanto al interior como al exterior de la organización, de tal manera que se obtengan los resultados más eficientes y efectivos. Para lo cual, los directivos de las empresas manufactureras de la industria automotriz tienen que generar un fuerte compromiso no solo con su organización, sino también con aquellas empresas que forman parte de su cadena de proveeduría, ya que los cambios y/o ajustes que realicen a los sistemas de producción tendrán un impacto en los procesos de producción de sus principales socios comerciales. Por ello, los cambios tienen que ser transversales para que se ajuste no solamente la dinámica de la cadena de proveeduría, sino la totalidad de los procesos de producción de los vehículos y las distintas partes que lo integran.

- a. Una actividad esencial de la economía circular es la reutilización de los residuos sólidos industriales que generan las empresas automotrices en los procesos de producción, ya que en promedio cada una de las siete principales plantas armadoras de vehículos en el año 2018 reutilizaron el 92 % del total de los residuos sólidos industriales generados, lo cual permite inferir que el restante 8 % de los residuos sólidos industriales fueron a parar a los vertederos municipales, o bien fueron los residuos peligrosos que no fue posible su reutilización y se requiere de su confinamiento y/o incineración. Por lo tanto, con base en la información obtenida, es posible recomendar a las empresas armadoras de vehículos que contemplen, dentro de sus planes ambientales, la implementación de acciones para que en un futuro cercano se disminuya la generación de residuos sólidos industriales y se reutilice en su totalidad dichos residuos en los procesos productivos.
- b. Otra de las actividades esenciales de la economía circular es el reciclaje de las materias primas y materiales, derivadas tanto de los desechos industriales como del término de la vida útil de los vehículos, ya que en promedio cada una de las siete principales plantas armadoras de vehículos en el año 2018 reciclaron el 96 % de los desechos industriales, reintegrando los materiales y aquellas materias primas a los procesos productivos, lo cual permite inferir que el 4 % restante de los desechos industriales —de los que no fue posible su reciclaje— fueron enviados a los vertederos o bien son residuos peligrosos que no permiten su reciclaje. Por lo tanto, considerando esta información es posible recomendar a las empresas armadoras de vehículos que amplíen su compromiso para que se recicle el 100 % de los desechos industriales que generen, y se evite con ello el envío de los desechos a los vertederos municipales.
- c. Una tercera actividad esencial de la economía circular es la utilización de energías renovables en los procesos productivos de las organizaciones, principalmente el uso de energía y agua potable. Ya que, en promedio, cada una de las siete principales empresas armadoras de vehículos durante el año 2018 de la totalidad de la energía eléctrica que se utilizó, el 65 % provenía de fuentes de energía renovables, como es el caso de la energía eólica y solar; mientras que del total del uso de agua potable en promedio se reutilizó el 89 % de las aguas residuales tratadas, al

reincorporarla a los procesos productivos, en los sanitarios y las áreas verdes. Por lo tanto, de acuerdo con este tipo de información es posible recomendar a las empresas armadoras de vehículos incrementar de manera significativa el porcentaje del uso de energías renovables y la utilización del agua pluvial en los distintos procesos de producción de la organización.

- d. Adicionalmente, en promedio cada una de las siete principales empresas armadoras de vehículos durante el año 2018 requirieron de 2.01 megavatios hora para la producción de cada uno de los vehículos, la mayoría de ellas, utilizando energías renovables en mayor o menor proporción, lo cual generó una emisión importante de distintos contaminantes que son enviados a la atmósfera y que agravan el cambio climático que se está padeciendo en el planeta. Por lo tanto, de acuerdo con la información recabada es posible recomendar a las empresas armadoras de vehículos la incorporación de energías limpias o renovables, así como la eficiencia de esta en los procesos de producción de los vehículos, con la finalidad de disminuir tanto el consumo de energía por vehículo producido como el nivel de emisiones de contaminantes que son arrojados al medioambiente.
- e. Además, en promedio cada una de las siete principales empresas armadoras de vehículos durante el año 2018 generaron una emisión de 574 kilogramos de CO₂ por cada vehículo que se fabricó, generando con ello un elevado nivel de contaminación medioambiental al enviar millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera, lo cual agudizó aún más el problema del cambio climático que padece la humanidad. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible recomendar a las empresas armadoras de vehículos establecidas en México, el diseño de estrategias y acciones que mejoren la eficiencia y eficacia en los tiempos de producción de los vehículos buscando la reducción de estos, de tal manera que se disminuya la generación de emisiones de CO₂ por cada vehículo producido y los impactos negativos al medioambiente.
- f. Asimismo, en referencia a la emisión de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), en promedio cada una de las siete principales empresas armadoras de vehículos durante el año 2018 generaron una emisión de 1.88 kilogramos de COV por vehículo producido, en apariencia representa una cantidad pequeña de COV, pero si se multiplica por la to-

talidad de vehículos producidos solamente en México durante el año 2018, entonces el impacto negativo al medioambiente es sustancial al enviarse a la atmósfera millones de toneladas de COV por la producción de vehículos. Por lo tanto, de acuerdo con esta información es posible recomendar a las empresas armadoras de vehículos ubicadas en México, el uso de energías renovables en la producción de vehículos, así como la utilización de las aguas residuales tratadas para el enfriamiento de las torres, de tal manera que se emita la menor cantidad posible de contaminantes a la atmósfera.

- g. De igual manera, en cuanto a la generación de residuos sólidos industriales en promedio cada una de las siete principales empresas armadoras de vehículos durante el año 2018 generaron 19.61 kilogramos por vehículo producido, el lector de este libro puede pensar que es una cantidad pequeña de residuos sólidos, pero si se multiplica por la cantidad total de vehículos producidos solo en el año 2018, entonces se dará cuenta que esta cantidad se convierte en cientos de toneladas de residuos sólidos industriales que son generados en la producción de vehículos. Así, con base en la información obtenida es posible recomendar a las empresas armadoras de vehículos establecidas en México que, aun cuando un elevado porcentaje de los residuos sólidos se reciclan y se reutilizan en los procesos productivos, es básico que las plantas automotrices incorporen una mayor cantidad de materias primas y materiales reciclados, para dejar de adquirir materias primas vírgenes.
- h. Finalmente, con relación al consumo de agua potable, en promedio cada una de las siete principales empresas armadoras de vehículos durante el año 2018 consumieron 3.64 m³ de agua por vehículo producido. Nuevamente, si se multiplica esta cantidad por la totalidad de vehículos que fueron producidos en el año 2018, se tendrá un consumo de cientos de miles de m³ de agua potable en la producción de vehículos. Por lo tanto, considerando la información recabada, es posible recomendar a las empresas armadoras de vehículos que se encuentran ubicadas en México, la reutilización de la totalidad de las aguas residuales en los procesos productivos con la finalidad de reducir significativamente el consumo de agua potable, además de aprovechar la captación del agua pluvial, tanto para el proceso de producción como para las actividades administrativas de riego de las áreas verdes.

Bajo este contexto, para que el modelo de negocio basado en la economía circular tenga mejores resultados en las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México, es elemental que las empresas armadoras de vehículos no solo mejoren sus acciones relacionadas con las actividades de la economía circular al interior de las organizaciones, sino que también esas acciones se extiendan a la totalidad de las empresas manufactureras que participan en la cadena de proveeduría, de tal manera que las 3R's (reducir, reutilizar y reciclar) se implementen en todos los procesos productivos de la fabricación de vehículos, y no solamente en las plantas automotrices. De lo contrario, los impactos negativos al medioambiente podrían disminuir sustancialmente en las empresas armadoras de vehículos, pero no en las empresas que integran la cadena de suministro y de proveeduría de la industria automotriz.

En este sentido, es primordial el apoyo que puedan brindar las empresas armadoras de vehículos a todas las empresa manufactureras que participan en su cadena de suministro y proveeduría, no solamente en la exigencia del cumplimiento de las especificaciones de calidad que requieren sus materiales y materias primas, sino también en el cumplimiento de la normatividad ambiental y el apoyo necesario para la adopción e implementación de las actividades de la economía circular, ya que ello permitirá la obtención de mejores resultados de la aplicación de las 3R's en la totalidad de la industria automotriz, al reducir sustancialmente los tiempos de producción y eficientizar los procesos productivos de manera transversal, lo cual permitirá mejorar el medioambiente y el nivel del desarrollo sustentable no solamente de las empresa manufactureras de la industria automotriz, sino también de las localidades donde se ubican.

1. **Sector Gubernamental:** La implementación de las actividades de la economía circular no solamente es competencia de las empresas manufactureras de la industria automotriz, sino también de las autoridades gubernamentales de los tres niveles de gobierno, particularmente de las autoridades federales. Quienes, sería importante que consideraran esta información para el diseño e implementación de aquellas políticas gubernamentales tendientes a promover y estimular la adopción de las actividades de la economía circular, no solamente en las empresas manufactureras de la industria automotriz, sino también de aquellas que pertenecen a otros sectores e industrias esenciales y estratégicas del país, con la finalidad de mejorar el crecimiento y desarrollo de la

economía local y nacional, el medioambiente y el nivel del desarrollo sustentable de la industria automotriz en su totalidad, así como de las comunidades donde se encuentran establecidas las empresas de la industria automotriz.

- a. El primer gran reto que tienen las autoridades gubernamentales federales es la generación de una ley que promueva y fomente la adopción e implementación de las actividades de la economía circular en la totalidad de las empresas manufactureras, particularmente en las que integran la industria automotriz. Esto, con la finalidad de cambiar el modelo de producción tradicional de la economía lineal: *prodúzcalo, cómprelo, utilícelo y tírelo*, por un nuevo modelo basado en la economía circular: reducir, reutilizar y reciclar que tiene como objetivo principal reducir significativamente la generación de residuos sólidos industriales y la reutilización y reciclaje de los mismos, así como la generación de emisiones de CO₂ y otros contaminantes que impactan negativamente en el medioambiente y en el nivel del desarrollo sustentable de las localidades donde se encuentran ubicadas dichas empresas.
- b. Diseñar e implementar políticas fiscales que fomenten el crecimiento y desarrollo de las empresas manufactureras de la industria automotriz, a través de la implementación de las actividades de la economía lineal, lo cual puede traer como consecuencia un crecimiento sustancial en el PIB nacional y en el ingreso de divisas derivado del incremento en las exportaciones de vehículos al mercado mundial. Además, estas políticas fiscales deberán de promover la adopción de una cultura innovadora en la totalidad de las empresas manufactureras, principalmente de aquellas que integran la industria automotriz, en la cual se establezcan como parte de sus actividades cotidianas del día a día la aplicación de las 3R's (reducir, reutilizar y reciclar) en todos los procesos productivos, con la finalidad de contribuir a la mejora del cambio climático que afecta a la humanidad.
- c. Diseñar e implementar programas de apoyo técnico y financiero dirigidos a todas las empresas manufactureras de la industria automotriz, a través de las distintas dependencias gubernamentales de los tres niveles de gobierno, para el desarrollo e implementación de las actividades de la economía circular, ya que, como se estableció anteriormente,

- existe un alto porcentaje de empresas manufactureras, que participan en la cadena de proveeduría de la industria automotriz, que tienen un claro desconocimiento de las ventajas que ofrece la implementación de este tipo de actividades empresariales, así como la importancia que tiene actualmente en el mercado mundial la demanda de productos manufacturados que no dañen el medioambiente, que sean sustentables y que contengan un elevado porcentaje de materiales y materias primas recicladas.
- d. Diseñar e implementar programas específicos de capacitación y adiestramiento en las áreas de reducción, reutilización y reciclaje de materiales y materias primas, así como el manejo de residuos sólidos industriales y peligrosos que vayan dirigidos tanto a los directivos como al personal de las empresas manufactureras, prioritariamente a aquellas empresas que integran la industria automotriz, para estimular la implementación de las actividades de la economía circular tanto al interior como al exterior de las compañías. De tal manera que se genere no solamente un incremento importante en la reutilización y reciclaje de los residuos sólidos industriales, sino también una cultura de innovación que mejore significativamente el nivel de crecimiento y competitividad de la totalidad de las empresas manufactureras de la industria automotriz, y con ello su situación económica y financiera.
 - e. Fomentar la creación de un Centro de Generación y Transferencia de Conocimiento y Tecnología, para apoyar específicamente a las empresas manufactureras de la industria automotriz y lograr la implementación de una cultura innovadora a través de la práctica de las actividades de la economía circular. Involucrando para ello, tanto a las universidades públicas y privadas como a los centros de investigación, las cámaras, asociaciones y los clústeres empresariales de la industria automotriz existentes en el país, con la finalidad de generar tecnología verde, compartir conocimiento, experiencias y potenciar las habilidades de los directivos y el personal de las empresas para fortalecer y acrecentar el nivel de innovación y tecnología empresarial, lo cual permitirá reducir los impactos negativos al medioambiente y mejorar el desarrollo sustentable de la industria y de la sociedad en general.
 - f. Finalmente, aplicar un programa de incentivos fiscales para la producción y adquisición de vehículos eléctricos e híbridos que generen me-

nores emisiones de CO₂, permitiendo con este programa no solamente fomentar la producción de vehículos eléctricos e híbridos en las plantas automotrices establecidas en México, sino también su adquisición por parte de los consumidores mexicanos. Lo anterior, permitiría reducir sustancialmente las emisiones de CO₂, principalmente en las grandes ciudades del país, mejorando la calidad del aire y de vida de la población. Además, con este tipo de acciones, México estaría cumpliendo con los distintos compromisos establecidos a nivel mundial en la reducción de los niveles de emisión de gases de efecto invernadero y de CO₂ que se emiten a la atmósfera, pero especialmente con el compromiso firmado con la ONU para el cumplimiento de los 17 objetivos de la sustentabilidad.

En este sentido, para garantizar el éxito en la adopción e implementación de las actividades de la economía circular en aquellas empresas manufactureras que integran la industria automotriz, la participación de las autoridades gubernamentales de los tres niveles de gobierno, particularmente de las autoridades del gobierno federal, es fundamental, ya que son precisamente las autoridades gubernamentales las encargadas de regular el cumplimiento de las normas medioambientales, las emisiones de contaminantes que genera la industria manufacturera, el consumo de los recursos hídricos y los desechos industriales que tienen como destino los vertederos municipales. Por ello, las autoridades gubernamentales tienen que participar activamente en la promoción y fomento de la adopción e implementación de las actividades de la economía circular, sin menoscabo del cumplimiento total de las leyes medioambientales por parte de las empresas manufactureras, principalmente de aquellas que integran la industria automotriz.

Adicionalmente, las autoridades gubernamentales federales deberán de aprender de las «buenas prácticas» que se han desarrollado en otros países, particularmente de los gobiernos de origen de las empresas automotrices ubicadas en México, como es el caso de Europa y Japón, por ejemplo. En donde, la generación de leyes y normatividades que fomentan y promueven la adopción e implementación de las actividades de la economía circular en las empresas manufactureras de la industria automotriz, les ha generado buenos resultados, no solamente en el plano económico y financiero, sino también en la disminución de los niveles de contaminación medioambiental a través del incremento

exponencial en las actividades de reciclaje y reutilización de los residuos sólidos industriales, la incorporación de materiales y materias primas recicladas en los nuevos vehículos, la utilización de energías renovables en los procesos de producción y la disminución de desechos y residuos peligrosos depositados en los vertederos.

Por tal motivo, estas recomendaciones tienen como objetivo primordial mejorar el crecimiento y desarrollo de la industria automotriz de México, lo cual conllevaría, derivado de ello, un aumento significativo en la posición del mercado global de las plantas automotrices ubicadas en México, una mayor participación del mercado internacional y nacional, mayores ventajas competitivas y un mejor nivel de competitividad. Asimismo, también es importante considerar que el mercado actual está totalmente globalizado y es altamente competitivo, lo cual conlleva que las empresas manufactureras de la industria automotriz ubicadas en México estén conteniendo en el mercado nacional e internacional con las demás empresas automotrices establecidas alrededor del mundo. Ello genera una fuerte competencia entre las empresas por lograr mantener su cuota de mercado y por adquirir una mayor cantidad de consumidores para sus productos, ofreciendo productos más amigables con el medioambiente y servicios alternativos.

Bajo este contexto, las empresas manufactureras de la industria automotriz establecidas en el país tienen que orientar y acompañar a las empresas manufactureras que participan en su cadena de proveeduría, para que adopten e implementen las distintas actividades de la economía circular y los cambios que se realicen sean transversales, lo cual permitirá que la totalidad de la cadena de suministro y proveeduría de la industria automotriz esté alineada a las principales acciones de mejora del medioambiente y del desarrollo sustentable del sector. Además, las diferentes plantas automotrices ubicadas en México deberán de compartir las buenas prácticas con sus principales socios comerciales, con la finalidad de que la transición del modelo de producción basado en la economía lineal al nuevo modelo de producción de la economía circular sea menos complicada y pragmática para las pequeñas y medianas empresas que participan en la cadena de proveeduría, y para ello la participación de las autoridades gubernamentales será sustancial.



Referencias

- Adams, K.T., Osmani, M., Thorpe, T., y Thorback, J. (2017). Circular economy in construction: Current awareness, challenges and enablers. *Proceedings of the Institution on Civil Engineers – Waste and Resource Management*, 170(1), 15-24.
- Agrawal, R., y Bayus, B.L. (2002). The market evolution and sales takeoff of product innovations. *Management Science*, 48(8), 1024-1041.
- Agrawal, V.V., Ferguson, M., Toktay, L.B., y Thomas, V.M. (2012). Is leasing greener than selling? *Management Science*, 58(3), 658-670.
- Allenby, B. (2000). Industrial ecology, information and sustainability. *Foresight*, 2(2), 163-171.
- Allwood, J.M. (2014). Chapter 30-Squaring the circular economy: The role of recycling within a hierarchy of material management strategies. *Handbook of Recycling*, 1(1), 445-477.

- Amui, L.B., Jabbour, C.J., Jabbour, A.B., y Kannan, D. (2017). Sustainable as a dynamic capability: A systematic review and future agenda toward a sustainable transition. *Journal of Cleaner Production*, 142(2), 308-322.
- Anderberg, S. (2017). Industrial metabolism and the linkages between economics, ethics and the environment. *Ecology Economic*, 24(1), 221-232.
- Andersen, M.S. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainable Science*, 2(1), 133-140.
- Aqlan, F., y Al-Fandi, L. (2018). Prioritizing process improvement initiatives in manufacturing environments. *International Journal of Production Economics*, 196(2), 261-268.
- ARN (2016). *ARN Sustainability Report 2015*. Recuperado de <https://issuu.com/arnbv/docs/arn_duurzaamheidsverslag_2015_engels>.
- Ayres, R.U., y Ayres, W.L. (1996). *Industrial Ecology*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Azevedo, J.L. (2015). A economía circular aplicada no Brasil: Uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa. *Anais Congresso Nacional de Excelencia em Gestao*, 11(1), 1-16.
- Bakker, C.A., den Hollander, M.C., van Hinte, E., y Zlijstra, Y. (2014). *Products that Last-Product Design for Circular Business Models*. Delft: TU Delft Library.
- Banerjee, A., y Duflo, E. (2011). *Poor Economics: A Radical Rethinking of the Way to Fight Global Poverty*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Barth, M., Godemann, J., Rieckmann, M., y Solterberg, U. (2007). Developing key competencies for sustainable development in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 8(4), 416-430.
- Bento, N., y Wilson, C. (2016). Measuring the duration of formative phases for energy technologies. *Environmental Innovation and Social Transportation*, 21(1), 95-112.
- Benyus, J.M. (2002). *Biomimicry*. Nueva York: Harper Perennial.
- Bergsma, G.C., Vroonhof, J., Blom, M.J., y Odegard, I.Y. (2014). *Evaluation of Dutch National Waste Management Plans 1 and 2*. Delft:.
- Bjorn, A., y Hauschild, M.Z. (2013). Absolute versus relative environmental sustainability. *Journal of Industrial Ecology*, 17(2), 321-332.
- Blomsma, F., y Brennan, G. (2017). The emergence of circular economy: A new framing around prolonging resource productivity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 603-614.

- Bocken, N.M., de Pauw, I., Bakker, C., y van den Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial Production Engineering*, 33(5), 308-320.
- Bocken, N.M., de Pauw, I., Bakker, C.A., y van der Grinten, B. (2006). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial Production and Engineering*, 33(1), 308-320.
- Bocken, N.M., Olivetti, E.A., Cullen, J.M., Potting, J., y Lifset, R. (2017). Taking the circularity to the next level: A special issue on the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 21(2), 476-482.
- Borra, D., Viberti, A., Massaglia, S., y Dal Vecchio, A. (2014). *Sustainability of Italian Wines: Knowledge, Understanding, and Interest of Consumers*. Torino: BIO Web Conferences.
- Boulding, K.E. (1966). The economics of the coming spaceship earth. En Jarrett H. (Ed.), *Environmental Quality Issues in a Growing Economy*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Bourg, D., y Erkman, S. (2003). *Perspectives on Industrial Ecology*. Sheffield: Greenleaf Publishing Limited.
- Braungart, M., y McDonough, W. (2009). *Cradle to Cradle*. Londres: Random House.
- Braungart, M., McDonough, W., y Bollinger, A. (2007). Cradle-to-cradle design: Creating healthy emissions a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of Cleaner Production*, 15(13/14), 1337-1348.
- Brennan, G., Tennant, M., y Blomsma, F. (2015). Business and production solutions: Closing the loop in. En Kopnina, H. y Shoreman-Ouimet, E. (Eds.), *Sustainability: Key Issues*. Londres: Earthscan Routledge.
- Carter, N. (2001). *The Politics of the Environment: Ideas, Activism, Policy*. Cambridge: Cambridge university Press.
- Cayzer, S., Griffiths, P., y Berghetto, V. (2017). Design of indicators for measuring product performance in the circular economy. *International Journal of Sustainability Engineering*, 10(1), 289-298.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2010). *Estudio Económico da América Latina e do Caribe 2016: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e os Desafios do Financiamento para o Desenvolvimento*. Santiago: CEPAL.

- Charlson, A., y Dunwoody, A. (2018). Embedding circular thinking in a major UK infrastructure project. *Proceedings of the Institution on Civil Engineers – Waste and Resource Management*, 171(1), 1-4.
- Chen, W., Liu, W.J., Geng, Y., Ohnishi, S., Sun, L., Han, W.Y., ... Zhong, S.Z. (2016). Life cycle based emergy analysis on China's cement production. *Journal of Cleaner Production*, 131(1), 1-8.
- Chen, W.Q. (2013). Recycling rates of aluminum in the United States. *Journal of Industrial Ecology*, 17(6), 926-938.
- Chertow, M., y Ehrenfeld, J. (2012). Organizing self-organizing systems: Toward a theory of industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 13-27.
- Chertow, M.R. (2008). Uncovering industrial symbiosis. *Journal of Industry and Ecology*, 11(1), 11-30.
- Chinese National People's Congress (2008). *Regulation on Promotion of Circular Economy*. Pekín: Chinese National People's Congress.
- Choi, N., y Majumdar, S. (2014). Social entrepreneurship as an essentially contested concept: Opening a new avenue for systematic future research. *Journal of Business Venturing*, 29(3), 363-376.
- Chowdhury, M. (2009). Searching quality data for municipal solid waste planning. *Waste Management Responsibility*, 29(8), 2240-2247.
- CIRAIG (International Reference Center for the Life Cycle of Products Process and Services) (2015). *Circular Economy: A Critical Literature Review of Concepts*. Montreal: CIRAIG.
- Cohen-Rosenthal, E., y Musnikow, J. (2003). *Eco-industrial Strategies: Unleashing Synergy Between Economic Development and the Environment*. Londres: Greenleaf Publishing.
- Cole, R.J. (2012). Transitioning from green to regenerative design. *Building Research & Information*, 40(1), 39-53.
- Commoner, B. (1971). *The Closing Circle: Nature, Man, and Technology*. Nueva York: Random House.
- Connelly, S. (2007). Mapping sustainable development as a contested concept. *Local Environment*, 12(3), 259-278.
- Cooper, T.P. (2011). Lund Simmonds and the political ecology of "waste utilization" in Victorian Britain. *Technology Cultural Journal*, 52(1), 21-44.
- Cross, M. (2017). Walla sea Island Wild Coast Project: Circular economy in the built environment. *Proceedings of the Institution on Civil Engineers – Waste and Resource Management*, 170(1), 25-32.

- Cucchiella, F., D'Adamo, I., Lenny-Koh, S.C., y Rosa, P. (2015). Recycling of WEEE: An economic assessment of present and future e-waste streams. *Renewal Sustainability and Energy Review*, 51(45/46), 263-272.
- Cullen, J.M. (2017). Circular economy: Theoretical benchmark or perpetual motion machine. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 483-486.
- D'Amato, D., Droste, N., Allen, B., Kettunen, M., L  thinen, K., Korhonen, J., ... Toppinen, A. (2017). Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainable avenues. *Journal of Cleaner Production*, 168(8), 716-734.
- De Jesús, A., y Mendonça, A. (2018). Eco-innovation in the transition to a circular economy: An analytical literature review. *Journal of Cleaner Production*, 172(12), 2999-3018.
- Demajorovic, J., y Migliano, J.E. (2013). Política nacional de res  duos sólidos e suas implica  es na cadeira da logística reversa de microcomputadores no Brasil. *Gestao & Regionalidade*, 29(87), 64-80.
- Den Hollander, M.C., Bakker, C.A., y Hultink, E.J. (2017). Product design in a circular economy: Development of a typology of key concepts and terms. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 517-525.
- Desrochers, P. (2002). Regional development and inter-industry recycling linkages: Some historical perspectives. *Entrepreneurial Regional Development*, 14(1), 49-65.
- Desrochers, P. (2004). Industrial symbiosis: The case for market coordination. *Journal of Cleaner Production*, 12(8), 1099-1110.
- Díaz, L.F. (2017). Waste management in developing countries and the circular economy. *Waste Management Responsibility*, 35(1), 1-12.
- Domenech, T., Bleischwitz, R., Doranova, A., Panayotopoulos, D., y Roman, L. (2019). Mapping industrial symbiosis development in Europe: Typologies of networks, characteristics, performance and contribution to the circular economy. *Resources, Conservation & Recycling*, 141(1), 76-98.
- EC (European Commission) (2008). *Directive 2008/98/EC of the European Parliament and the Council of 19 November on Waste and Repealing Certain Directives*. Bruselas: European Commission.
- EC (European Commission) (2010). *Europe 2020. A Strategy for Smart, Sustainable and Inclusive Growth*. Bruselas: European Commission.
- EC (European Commission) (2011). *Europe 2020. Roadmap to a Resource Efficient Europe*. Bruselas: European Commission.

- EC (European Commission) (2014). *Europe 2020. Towards a Circular Economy: A Zero Waste Programme for Europe*. Bruselas: European Commission.
- EC (European Commission) (2015). *Closing the Loop: An EU Action Plan for the Circular Economy*. Bruselas: Communication from the Commission to the European Parliament.
- EC (European Commission) (2015a). *Europe 2020. Toward a Circular Economy: A Zero Waste Programme for Europe COM (2014)*. Bruselas: European Commission.
- EC (European Commission) (2015b). *Europe 2020. An EU Action Plan for the Circular Economy*. Bruselas: European Commission.
- EC (European Commission) (2016). *28 New Environmental Projects in the Pipeline*. Bruselas: European Commission.
- EEA (European Environment Agency) (2013). *Managing Municipal Solid Waste: A Review of Achievements in 32 European Countries*. Bruselas: Publications Office of the European Union.
- EEA (European Environment Agency) (2016a). *Circular Economy in Europe Developing the Knowledge Based*. Bruselas: Publications Office of the European Union.
- EEA (European Environment Agency) (2016b). *More from Less: Material Resource Efficiency in Europe*. Bruselas: Publications Office of the European Union.
- EMF (Ellen MacArthur Foundation) (2012). *Towards the Circular Economy: Preface*. Londres: EMF.
- EMF (Ellen MacArthur Foundation) (2013a). *Towards the Circular Economy*. Vol. 2. Isla de Wight: EMF.
- EMF (Ellen MacArthur Foundation) (2013b). *Towards the Circular Economy*. Vol. 1. Isla de Wight: EMF.
- EMF (Ellen MacArthur Foundation) (2014). *Towards the Circular Economy*. Vol. 3. Isla de Wight: EMF.
- EMF (Ellen MacArthur Foundation) (2015). *Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe*. Isla de Wight: EMF.
- EP (European Parliament) (2008). *Waste Framework Directive*. Bruselas: European Parliament.
- EPA (Environment Protection Agency) (2016). *EPA's Report on the Environment, Quantity of Municipal Solid Waste Generated and Management*. Nueva York: EPA.

- EUKN (European Urban Knowledge Network) (2015). *The Circular City: Lessons from Europe. Factsheet for Policy Lab Netherlands*. La Haya: EUKN.
- Evans, S., Vladimirova, D., Holgado, M., Van Fossen, K., Yang, M., y Silva, E.A. (2017). Business model innovation for sustainability: Towards a unified perspective for creation of sustainable business model. *Business Strategic Environment*, 26(3), 597-608.
- Farel, R., Charriere, B., Thevenet, C., y Yune, J.H. (2016). Sustainable manufacturing through creation and governance of eco-industrial parks. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 138(3), 34-43.
- FICF (Finland's Independence Celebration Fund) y McKinsey. (2014). *The Possibilities of Circular Economy for Finland*. Helsinki: Sitra.
- Fischer-Kowalski, M., y Swilling, M. (2011). *Decoupling: Natural Resource use and Environmental Impacts from Economic Growth*. Nueva Delhi: United Nations Environmental Programme.
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Changes*, 16(3), 253-267.
- Frosch, D., y Gallopoulos, N. (1989). Strategies for manufacturing. *Science Ambient*, 261(3), 92-102.
- Geissdoerfer, M., Morioska, S.N., de Carvalho, M.M., y Evans, S. (2018). Business models and supply chains for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 190(7), 712-721.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M., y Hultink, E.J. (2017). The circular economy: A new sustainable paradigm?. *Journal of Cleaner Production*, 143(2), 757-768.
- Geng, Y., y Doberstein, B. (2008). Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving "leapfrog development". *International Journal of Sustainability Development and World Ecology*, 15(2), 231-239.
- Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J., y Xue, B. (2012). Towards a national circular economy indicators system in China: An evaluation and critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 23(1), 216-224.
- Geng, Y., Sarkis, J., y Ulgiati, S. (2016). Sustainability, wellbeing, and the circular economy: A new sustainability paradigm. *Journal of Cleaner Production*, 143(7), 757-768.
- Gertsakis, J., y Lewis, H. (2003). Sustainability and waste management hierarchy. A Discussion Paper on the Waste Management Hierarchy and its

- Relationship to Sustainability. Recuperado de: < http://www.helenlewis-research.com.au/wp-content/uploads/2014/05/TZW_-_Sustainability_and_the_Waste_Hierarchy_2003.pdf>.
- Ghisellini, P., Cialani, C., y Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balance interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114(1), 11-32.
- Ghosh, S.K., Debnath, B., Baidya, R., De, D., y Li, J. (2016). Waste electrical and electronic equipment management and based convention compliance in Brazil, Russia, India China and South Africa (BRICS) nations. *Waste Management Responsibility*, 34(8), 693-707.
- Gnoni, M.G., Tornese, F., Thorn, B.K., Carrano, A.L., y Pazour, J. (2018). *A measurement tool for circular economy practices: A case study in pallet supply chain*. [Documento de investigación]. Recuperado de: <https://digitalcommons.georgiasouthern.edu/pmhr_2018/12>.
- Gomes, C.M., Kruglianskas, I., Scherer, F.L., Neto, R.D., y Kneippe, J.M. (2013). Strategies for sustainable business and performance in Brazilian industrial companies. *Journal of Technology Management & Innovation*, 8(Suplemento 1), 23-33.
- González-Mejía, A.M., y Ma, X.C. (2017). The energy perspective of sustainable trends in Puerto Rico from 1960 to 2013. *Ecology Economic*, 133(1), 11-22.
- Gordeeva, Y.M. (2017). Recent developments in EU environmental policy and legislation. *Journal of European Environment Planning and Law*, 14(1), 233-241.
- Gordon, W.T., Ong, B.H., Jaromír, K.J., Tan, R.R., y Sabev, V.P. (2019). Circular integration of processes, industries and economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 107(3), 507-515.
- Govindan, K. (2018). Sustainable consumption and production in the food supply chain: A conceptual framework. *International Journal of Production Economic*, 195(1), 419-431.
- Govindan, K., Soleimani, H., y Kannan, D. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operation Responsibility*, 240(3), 603-626.
- Graedel, T.E., y Allenby, B.R. (1995). *Industrial Ecology*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

- Gregson, N., Crang, M., Fuller, S., y Holmes, H. (2015). Interrogating the circular economy: The moral economy of resource recovery in the EU. *Economy and Society*, 44(2), 218-243.
- Grubler, A., Wilson, C., y Nemet, G. (2016). Apples, oranges, and consistent comparisons of the temporal dynamics of energy transitions. *Energy Responsible Social Sciences*, 22(1), 18-25.
- Guide, V.D., y van Wassenhove, L.N. (2009). On forum: The evolution of closed-loop supply chain research. *European Journal of Operation Responsibility*, 57(1), 10-18.
- Haddad-Sisakht, A., y Ryan, S.M. (2018). Closed-loop supply chain network design with multiple transportation modes under stochastic demand and uncertain carbon tax. *International Journal of Production Economic*, 195(1), 118-131.
- Hambrick, D.C. (2007). Upper echelons theory: An update. *Academy Management Review*, 32(2), 45-54.
- Hart, J., Adams, K., Giesekam, J., Densley, T.D., y Pomponi, F. (2019). Barriers and drivers in a circular economy: The case of the built environment. *Procedia CIRP*, 80(1), 619-624.
- Hawkins, G., Burnett, S.E., y Stack, L.B. (2012). Survey of consumer interest in organic, sustainable, and local container-growth plants in Maine. *HortTechnology*, 22(6), 817-825.
- Hays, S. (1994). Structure and agency and the sticky problem of culture. *Sociology Theory*, 12(1), 57-65.
- He, J., Wan, Y., Feng, L., Ai, J.Y., y Wang, Y. (2016). An integrated data development analysis and energy-based ecological footprint methodology in evaluating sustainable development: A case study of Jiangsu Province, China. *Ecology Indicators*, 70(1), 23-34.
- Hester, E.T., y Little, J.C. (2013). Measuring environmental sustainability of waste in water-sheds. *Environmental Science and Technology*, 47(15), 8053-8090.
- Hodge, I., Hauck, J., y Bonn, A. (2015). The alignment of agricultural and nature conservation policies in the European Union. *Conservation Biology*, 29(4), 996-1005.
- Homrich, A., Galvao, G., Gamboa, A.L., y Carvalho, M.M. (2018). The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. *Journal of Cleaner Production*, 175(4), 525-543.

- Hopton, M.E., Cabezas, H., Campbel, D., Eason, T., Garmestani, A.S., Heberling, M.T., ... Zanowick, M. (2010). Development of a multidisciplinary approach to assess regional sustainability. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 17(1), 48-56.
- Huang, K., Gou, J., y Xu, Z. (2009). Recycling of waste printed circuit boards: A review of current technologies and treatment status in China. *Journal of Hazard Materials*, 164(2/3), 399-408.
- Ioppolo, G., Cucarachi, S., Salomone, R., Saija, G., y Ciraolo, L. (2014). Industrial ecology and environmental lean management: Lights and shadows. *Sustainability*, 6(9), 6362-6376.
- Iung, B., y Levrat, E. (2014). Advanced maintenance services for promoting sustainability. *Procedia CIRP*, 22(1), 15-22.
- Jabbour, C.J., de Souza-Jabbour, A.B., Sarkis, J., y Godinho-Filho, M. (2017). Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data: An integrative framework and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 144(7), 546-552.
- Jabbour, C.J., Neto, A.S., Gabbo, J.A., de Souza-Ribeiro, M., y de Souza-Jabbour, A.B. (2015). Eco-innovation in more sustainable supply chains for a low-carbon economy: A multiple case study of human critical success factors in Brazilian leading companies. *International Journal of Production Economic*, 164(2), 245-257.
- Jackson, T. (2009). *Prosperity Without Growth: Economics for a Finite Planet*. Londres: Earthscan Routledge.
- Jacobi, N., Haas, W., Wiedenhofer, D., y Mayer, A. (2018). Providing an economy-wide monitoring framework for the circular economy in Austria: Status quo and challenges. *Resources, Conservation & Recycling*, 137(1), 156-166.
- Jelinski, L.W., Graedel, T.E., Laudies, R.A., McCall, D.W., y Patel, C.K. (1992). Industrial ecology: Concepts and approach. *PNAS*, 89(3), 793-807.
- Joung, C.B., Carrell, J., Sarkar, P., y Feng, S.C. (2013). Categorization of indicators for sustainable manufacturing. *Ecological Indicators*, 24(1), 148-157.
- Kalmykova, Y., Sadagopan, M., y Rosado, L. (2018). Circular economy. From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, Conservation & Recycling*, 135(1), 190-210.

- Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Tuijens, A., y Hekkert, M. (2019). Barriers to circular economy: Evidence from the European Union (EU). *Ecological Economics*, 150(1), 264-272.
- Kirchherr, J., Reike, D., y Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*, 127(12), 221-232.
- Kollikkathara, N., Feng, H., y Stern, E. (2009). A purview of waste management evolution: Special emphasis on US. *Waste Management Responsibility*, 29(2), 974-985.
- Korhonen, J. (2004). Industrial ecology in the strategic sustainable development model: Strategic applications of industrial ecology. *Journal of Cleaner Production*, 12(1), 809-823.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., y Seppälä, J. (2018). Circular economy: The concept and its limitations. *Ecology Economic*, 143(1), 37-46.
- Kravchenko, M., McAloone, T.C., y Piagosso, D.A. (2019). Implications of developing a tool for sustainability screening of circular economy initiatives. *Procedia CIRP*, 80(2), 625-630.
- Kumar, P., y Polonsky, M.J. (2017). An analysis of the green consumer domain within sustainability research: 1975 to 2014. *Australasian Marketing Journal*, 25(2), 85-96.
- Lacey, P., y Rutqvist, J. (2015). *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*. Nueva York: Palgrave MacMillan.
- Lacey, P., y Rutqvist, J. (2016). *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*. Londres: Palgrave Macmillan.
- Lèbre, E., Corder, G., y Golev, A. (2017). The role of the mining industry in a circular economy: A framework for resource management at the mine site level. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 662-672.
- Lieder, M., y Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115(1), 36-51.
- Lifset, R., y Graedel, T.E. (2002). Industrial ecology: Goals and definitions. En Ayres R.U. y Ayres L. (Eds.), *A Handbook of Industrial Ecology*. Northampton: Edward Elgar Publishing, Inc.
- Long, R.Y., y Zhang, X.T. (2009). Negative entropy mechanism of the circular economy development countermeasures in mining area. *Procedia Earth Planet Science*, 1(1), 1678-1685.

- Long, T.B., Looijen, A., y Blok, V. (2018). Critical success factors for the transition to business models for sustainability in the food and beverage industry in the Netherlands. *Journal of Cleaner Production*, 175(1), 82-95.
- Luthra, S., Govindan, K., y Mangla, S.K. (2017). Structural model for sustainable consumption and production adoption: A grey-DEMATEL based approach. *Resources, Conservation & Recycling*, 125(1), 198-207.
- Lyle, J.T. (1994). *Regenerative Design for Sustainable Development*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Lyle, J.T. (1996). *Regenerative Design for Sustainable Development*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- MacArthur, E., Zumwinkel, K., y Stuchtey, M.R. (2015). *Growth Within: E Circular Economy Vision for a Competitive Europe*. Londres: Ellen MacArthur Foundation.
- Mcintyre, K., y Ortiz, J.A. (2016). Multinational corporations and the circular economy: How Hewlett Packard scales innovation and technology in its global supply chain. *Take Studies in Industrial Ecology*, 1(1), 317-330.
- Manfrin, P.M., Oliveria, A.L., Chimanski, S.M., Lima, E.P., y Costa, S.E. (2013). Um panorama da pesquisa em operações sustentáveis. *Production*, 23(4), 762-776.
- Mangla, S.K., Kusi-Sarpong, S., Luthra, S., Bai, C., Jakhar, S.K., y Khan, S.A. (2019). Call for papers of special issue on operation excellence for improving sustainable supply chain performance. *Operational Excellence*, 10(1) 1.
- Mangla, S.K., Luthra, S., Mishra, N., Singh, A., Rana, N.P., Dora, M., y Dwivedi, Y. (2018a). Barriers to effective circular supply chain management in a developing country context. *Production Planning & Control*, 29(6), 551-569.
- Mangla, S.K., Luthra, S., Rich, N., Kumar, D., Rana, N.P., y Dwivedi, Y. (2018b). Enablers to implement sustainable initiatives in agri-food supply chain. *International Journal of Production Economics*, 203(2), 379-393.
- Mani, V., y Gunasekaran, A. (2018). Four forces of supply chain social sustainability adoption in emerging economies. *International Journal of Production Economics*, 199(1), 150-161.
- Manninen, K., Koskela, S., Antikainen, R., Bocken, N., Dahlbo, H., y Aminoff, A. (2018). Do circular economy business model capture intended environmental value propositions? *Journal of Cleaner Production*, 171(3), 413-422.
- Markard, J., Raven, R., y Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, 41(4), 955-967.

- Masi, D., Day, S., y Godsell, J. (2017). Supply chain configurations in the circular economy: A systematic literature review. *Sustainability*, 9(8), 1602-1612.
- McDonough, W., y Braungart, M. (2002). *Cradle-to-Cradle: Remaking the Way We Make Things*. Nueva York: North Point Press.
- McDowall, W., Geng, Y., Huang, B., Barteková, E., Bleischwitz, R., Türkeli, S., y Doménech, T. (2017). Circular economy policies in China and Europe. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 651-661.
- Meadows, D.H., Randers, J., y Meadows, D.L. (2004). *The Limits of Growth: The 30-Year Update*. Londres: Routledge.
- Merli, P., Preziosi, M., y Acampora, A. (2017). How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 178(3), 703-722.
- Merlin, G., y Boileau, H. (2017). Eco-efficiency and entropy generation evaluation based on emergy analysis: Application to two small biogas plants. *Journal of Cleaner Production*, 143(1), 257-268.
- METI (Ministry of Economy, Trade and Industry) (2004). *Handbook on Resource Recycling Legislation and 3R Initiatives*. Tokio: Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry.
- MEZ (2016). *Europese landbouwbeleid: Toelichting op de Batalingen in her Kader van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid in het Boekjaar*. La Haya: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Michellini, G., Morales, R.N., Cunha, R.N., Costa, L.M., y Ometto, A.R. (2017). From linear to circular economy: PSS conducting the transition. *Procedia CIRP*, 64(1), 2-6.
- Mihelcic, J.R. (2003). Sustainability science and engineering: The emergence a new metadiscipline. *Environmental Science Technology*, 37(5), 5314-5324.
- Mikulcic, H., Cabezas, H., Vujanovic, M., y Duic, N. (2016). Environmental assessment of different cement manufacturing process based on energy and ecological footprint analysis. *Journal of Cleaner Production*, 130(1), 1-25.
- Milios, L. (2013). *Municipal Waste Management in the Netherlands*. Bruselas: European Environmental Agency.
- Mirabella, N., Castellani, V., y Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: A review. *Journal of Cleaner Production*, 65(1), 28-41.
- Mont, O., Plepys, A., Whalen, K., & Nußholz, J. L. K. (2017). Business model innovation for a Circular Economy: Drivers and barriers for the Swedish

- industry – the voice of REES companies. *Mistra REES*. Lund: Lund University Publications.
- Moreau, V., Sahakian, M., van Griethuysen, P., y Vuille, F. (2017). Coming full circle: Why social and institutional dimensions matter for the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 21(2), 497-506.
- Moyers, B. (1991). *Global Dumping Ground: The International Traffic in Toxic Waste*. Cambridge: The Lutterworth Press.
- Müller, K., Holmes, A., Deurer, M., y Clothier, B.E. (2014). Eco-efficiency as a sustainability measure for kiwifruit production in New Zealand. *Journal of Cleaner Production*, 106(1), 1-10.
- Murray, A., Skene, K., y Haynes, K. (2015). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140(2), 369-380.
- Murray, A., Skene, K., y Haynes, K. (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140(2), 369-380.
- Naustdalslid, J. (2017). Circular economy in China: The environmental dimension of the harmonious society. *International Journal of Sustainability and Development World Ecology*, 21(4), 303-313.
- Nedvang, G. (2015). *Monitoring Verpakkingen Resultaten Inzameling en Recycling 2015*. Leidschendam: Afvalfonds Verpakkingen.
- Nissan Motor Corporation (2018, 7 de junio). *Nissan announces first sustainability plan with key targets for FY2022*. Yokohama: Official Global Newsroom. Recuperado de <<https://global.nissannews.com/en/releases/release-75b19d3a1fdacef505523031450a0919-180607-01-e>>.
- Nissan Motor Corporation (2018). *Sustainability Report 2018*. Recuperado de <<https://global.nissannews.com/en/releases/release-75b19d3a1fdacef505523031450a0919-180607-01-e>>.
- Ochsner, M., Chess, C., y Greenberg, M. (1995). Pollution prevention at the 3M corporations: Case study insights into organizational incentives, resources, and strategies. *Waste Management Responsibility*, 15(1), 663-672.
- Okoye, A. (2009). Theorizing corporate social responsibility as an essentially contested concept: Is a definition necessary? *Journal of Business Ethics*, 89(4), 613-627.

- Ormazabal, M., Prieto-Sandoval, V., Puga-Leal, R., y Jaca, C. (2018). Circular economy in Spanish SMEs: Challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 185(1), 157-167.
- Otis, L., y Graham, J. (2000). *Environmental Politics and Policy 1960-1990s*. Pennsylvania: Pennsylvania University Press.
- Pauli, G.A. (2010). *The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs*. Taos: Paradigm Publications.
- Pauliuk, S. (2018). Critical appraisal of the circular economy standard BS 801:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. *Resources, Conservation & Recycling*, 129(1), 81-92.
- Pearce, D., y Turner, R. (1989). *Economics of Natural Resources and the Environment*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Petit-Boix, A., y Leipold, S. (2018). Circular economy in cities: Reviewing how environmental research aligns with local practices. *Journal of Cleaner Production*, 195(10), 1270-1281.
- Pheifer, A.G. (2017). *Barriers and Enablers to Circular Business Models*. Recuperado de: <<https://www.circulairondernemen.nl/uploads/4f4995c266e00bee8fdb8fb34fbc5c15.pdf>>
- Pitkanen, K., Antikainen, R., Droste, N., Loiseau, E., Saikku, L., Aissani, L., y Thomsen, M. (2016). What can be learning from practical cases of green economy? Studies from five European countries. *Journal of Cleaner Production*, 139(5), 666-676.
- Prahalad, C.K. (2004). *The Fortune at the Bottom of the Pyramid: Eradicating Poverty Through Profits*. Nueva York: Wharton School Publishing.
- Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos (02 de agosto de 2010). *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências*. [LEI Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010] D.O.U de 03/08/2010, pág. nº 2.
- Preston, F. (2012). *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy*. Nueva York: Chatham House.
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., y Ormazabal, M. (2018). Towards a consensus on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 179(5), 605-615.
- Ranta, V., Aarikka-Stenross, L., Ritala, P., y Mäkinen, S.J. (2017). Exploring institutional drivers and barriers of the circular economy: A cross-regional comparison of China, The US, and Europe. *Resources, Conservation & Recycling*, 135(8), 70-82.

- Rashid, A. (2013). Resource conservation manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 57(1), 166-177.
- Rashidi, K., y Farzipoor, S.R. (2015). Measuring eco-efficiency based on green indicators and potentials in energy saving and undesirable output abatement. *Energy economic*, 50(1), 18-26.
- Reike, D., Vermeulen, W.J., y Witjes, S. (2018). The circular economy: New or refurbished as CE 3.0? Exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation & Recycling*, 135(1), 246-264.
- Ritzén, S., y Ölundh, S.G. (2017). Barriers to circular economy: Integration of perspectives and domains. *Procedia CIRP*, 64(1), 7-12.
- Rizos, V., Behrens, A., Kafyeke, T., Hirschnitz-Garbers, M., y Ioannou, A. (2015). *The circular economy: Barriers and opportunities for SMEs*. Bruselas: Centre for European Policy Studies.
- Rizos, V., Behrens, A., van der Gaast, W., y Hofman, E. (2016). Implementation of circular economy business models by small and medium-sized enterprises (SMEs): Barriers and enablers. *Sustainability*, 8(11), 1212-1222.
- Rockart, J.F. (1979). Chief executives define their own data needs. *Harvard Business Review*, 57(2), 81-93.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Pearson, A., y Lambin, E. (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology Social*, 14(2), 32-40.
- Rosenbaum, E.F. (2000). What is a market? On the methodology of a contested concept. *Review of Social Economic*, 58(4), 455-482.
- Rotmans, J. (2006). Tools for integrating sustainability assessment: A two-track approach. *Integrating Assessing Journal*, 6(1), 35-57.
- Sachs, J. (2015). *The Age of Sustainable Development*. Washington D.C: Columbia University Press.
- Sakai, S., Yoshida, H., Hirai, Y., Asari, M., Takigami, H., y Takahashi, S. (2011). International comparative study of 3R and waste management policy developments. *Journal of Materials Cycles Waste Management*, 13(2), 86-102.
- Sauvé, S., Bernard, S., y Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans disciplinary research. *Environmental Development*, 17(1), 48-56.
- Scheepens, A.E., Vogtländer, J.G., y Brezet, J.C. (2016). Two life cycles assessment (LCA) based methods to analyze and design complex (regional)

- circular economy systems. Case: Making water tourism more sustainable. *Journal of Cleaner Production*, 114(1), 257-268).
- Schneider, J., y Hall, J. (2011). *Why Most Product Launches Fail*. Cambridge: Harvard Business Publishing.
- Schroeder, P., Dewick, P., Kusi-Sarpong, S., y Hofstetter, J.S. (2018). Circular economy and power relations in global value chains: Tensions and trade-offs for lower income countries. *Resources, Conservation & Recycling*, 136(1), 77-78.
- Schröter, M. (2014). Ecosystem services as a contested concept: A synthesis of critique and counter-arguments. *Conservation Letters*, 7(6), 514-523.
- Schut, E., Crielaard, M., y Mesman, M. (2015). *Circular Economy in the Dutch Construction Sector*. Berlín: Den Haag.
- Sehnm, S., Chiappetta, J.C., y Farias, P.S. (2019). Improving sustainable supply chains performance through operational excellence: Circular economy approach. *Resources, Conservation & Recycling*, 149(1), 236-248.
- Sehnm, S., Pereira, S.C., y Jabbour, C.C. (2016). Sustainable Practices in Industrial Organizations: New Possibilities and Opportunities Arising from the Circular Economy. En *42 Annual Conference of the European International Business Academy (EIBA) 2016*. Conferencia llevada a cabo en el congreso European International Business Academy. Vienna, Austria.
- Seiffert, M., y Loch, C. (2005). Systematic thinking in environmental management: Support for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 13(12), 1197-1202.
- Sen, A. (2001). *Development as Freedom*. Oxford: Oxford University Press.
- Shahbazi, S., Wiktorsson, M., Kurdve, M., Jönsson, C., y Bjelkemir, M. (2016). Material efficiency in manufacturing: Swedish evidence on potential, barriers and strategies. *Journal of Cleaner Production*, 127(3), 438-450.
- Shwom, R. (2009). Strengthening sociological perspectives on organizations and the environment. *Organization Environment*, 22(3), 271-292.
- Silva, F.C., Shibao, F.Y., Kruglianskas, I., Barbieri, J.C., y Almeida, S.P. (2019). Circular economy: Analysis of the implementation of practices in the Brazilian network. *Revista de Gestao*, 26(1), 39-60.
- Simon, B. (2019). What are the most significant aspects of supporting the circular economy in the plastic industry? *Resources, Conservation & Recycling*, 141(2), 299-300.

- Souza-Zomer, T.T., Magalhaes, L., Zancul, E., Campos, L.M., Cauchik-Miguel, P.A. (2018). Cleaner production as an antecedent for circular economy paradigm shift at the micro-level: Evidence from a home appliance manufacturer. *Journal of Cleaner Production*, 185(6), 740-748.
- Stahel, W. (1982). The product life factor. En Orr, G.S. (Ed.), *An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies: The Role of the Private Sector*. Houston: Houston Area Research Centre.
- Stahel, W. (2003). The functional society: The service economy. In Bourg, D. and Erkman, S. (Eds.), *Perspectives on Industrial Ecology*. Sheffield: Greenleaf Publishing Limited.
- Stahel, W. (2010). *The Performance Economy* (2da ed). Nueva York: Palgrave MacMillan.
- Stahel, W., y Reday, G. (1976). *The Potential for Substituting Manpower for Energy*. Bruselas: Report to the Commission of the European Communities.
- Stahel, W.R. (1981). *Jobs for Tomorrow: The Potential for Substituting Manpower for Energy*. Londres: Vintage Press.
- Stahel, W.R. (2016). The circular economy. *Nature*, 531(7), 435-438
- Stindt, D., y Sahamie, R. (2014). Review of research on closed loop supply chain management in the process industry. *Flexibility Service Manufacturing Journal*, 26(1), 268-293.
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., y Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, 42(1), 215-227.
- Sudarsan, R., Sriram, R.D., y Narayanan, A. (2010). Sustainable manufacturing: Metrics, standards and infrastructure. *International Journal of Sustainable Manufacturing*, 2(1), 144-149.
- Sun, L., Li, H., Dong, L., Fang, K., Ren, J.Z., Geng, Y., ... y Liu, Z. (2017). Eco-benefits assessment on urban industrial symbiosis based on material flows analysis and emergy evaluation approach: A case of Liuzhou city, China. *Resources, Conservation & Recycling*, 119(1), 78-88.
- Teranic, I., Behrens, A., y Topi, C. (2016). Understanding the circular economy in Europe, from resource efficiency to sharing platforms: The CEPS framework. *CEPS Bruselas*, 43(2), 1-21.
- Tseng, M.L., Tan, R.R., Chiu, A.S., Chien, C.F., y Kuo, T.C. (2018). Circular economy meets industry 4.0: Can big data drive industrial symbiosis? *Resources, Conservation & Recycling*, 131(1), 146-147.

- Toledo, A. (2019, 29 de enero). Ensambla Nissan Mexicana, más de 1.4 millones de vehículos con energía renovable. *Automotores Informa*. Recuperado de <<https://www.automotores-rev.com/ensambla-nissan-mexicana-mas-de-1-4-millones-de-vehiculos-con-energia-renovable/>>.
- Toyota México (2019). *Sustentabilidad Report*. [Infografía]. Recuperado de <<https://www.toyota.mx/sustentabilidad> >.
- Tukker, A. (2015). Product services for a resource-efficient and circular economy: A review. *Journal of Cleaner Production*, 97(1), 76-91.
- Türkeli, S., Kemp, R., Huang, B., Bleischwitz, R., y McDowall, W. (2018). Circular economy scientific knowledge in the European Union and China: A bibliometric, network and survey analysis (2006-2016). *Journal of Cleaner Production*, 197(1), 244-261.
- Tyler, M., Miller, T., y Spoolman, G.S. (2002). *Environmental Science* (9na ed). Nueva York: Cole Publishing Co.
- UN (United Nations) (2015). *Sustainable Development Goals*. Nueva York: United Nations.
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development) (2017). *UNCTAD Handbook of Statistics 2017*. [Reporte estadístico]. Recuperado de: <https://unctad.org/system/files/official-document/tdstat42_en.pdf >.
- UNEP (United Nations Environmental Program) (2011). *The Global Outlook on Sustainable Consumption and Production Policies: Taking Actions Together*. Nueva York: UNEP.
- Van Buren, D., Demmers, M., van der Heijden, R., y Witlox, F. (2016). Towards a circular economy: The role of Dutch logistics industries and governments. *Sustainability*, 8(1), 1-17.
- Van Eijk, F. (2015). *Barriers & Drivers Towards a Circular Economy*. Londres: Edward Elgar Publishing.
- Van Eygen, E., Feketitsch, J., Laner, D., Rechberger, H., y Fellner, J. (2016). Comprehensive analysis and quantification of national plastic flows: The case of Austria. *Resources, Conservation & Recycling*, 117(2), 183-194.
- Vanner, R., Bicket, M., Guilcher, S., Hestin, M., Hudson, C., Razzini, P., ... Watkins, E. (2014). *Scoping Study to Identify Potential Circular Economy Actions, Priorities Sectors, Material Flows and Value Chains*. Luxemburgo: Luxembourg Publications Office of the European Union.

- Veleva, V., Bodkin, G., y Todorova, S. (2017). The need for better measurement and employee engagement to advance a circular economy: Lessons from Biogen's zero waste journeys. *Journal of Cleaner Production*, 154(4), 517-529.
- Vereniging Band en Milieu (2016). *Doel & Resultaat Inzameling Oude Banden Voor een Schoner Milieu*. Netherlands: Milieu Publishing.
- Vermeulen, W.J. (2002). Greening production as co-responsibility. En Driessen, P.P. and Glasbergen, P. (Eds.), *Greening Society: The Paradigm Shift in Dutch Environmental Politics*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Vermeulen, W.J. (2006). The social dimension of industrial ecology: On the implications of the inherent nature of social phenomena. *Progressive Industrial Ecology*, 3(6), 574-584.
- Vermeulen, W.J., y Weterings, R.P. (1997). Extended producer responsibility. *Journal of Cleaner Technology & Environment Toxicology Occupied*, 6(1), 283-298.
- Wang, X.L., Chen, Y.Q., Siu, P., Gao, W.S., Qin, F., Wu, X., y Xiong, J. (2014). Efficiency and sustainability analysis of biogas and electricity production from a large-scale biogas project in China: An emerging evaluation based on ICA. *Journal of Cleaner Production*, 65(1), 234-245.
- Wang, X.L., Dadouma, A., Chen, Y.Q., y Siu, P. (2015). Sustainability evaluation of the large-scale pig farming system in North China: An energy analysis based on life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 102(1), 144-164.
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) (2010). *Vision 2050: The New Agenda for Business*. Ginebra: Conches.
- WCED (World Commission on Environment and Development) (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.
- Webster, K. (2015). *The Circular Economy: A Wealth of Flows*. Isla de Wight: Ellen MacArthur Foundation.
- Wells, P., y Seitz, M. (2005). Business models and closed loop supply chain: A typology. *Supply Chain Management Journal*, 10(2), 249-251.
- Wen, Z., y Meng, X. (2015). Quantitative assessment of industrial symbiosis for the symbiosis programme. *Resources, Conservation & Recycling*, 55(7), 703-712.

- Winans, K., Kendall, A., y Deng, H. (2017). The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 68(2), 825-833.
- Wright, C., y Ostergard, H. (2016). Renewability and emergy footprint at different spatial scale for innovative food systems in Europe. *Journal of Cleaner Production*, 62(1), 220-227.
- WWF (World Wide Foundation for Nature) (2014). *Living Planet Report 2014: Species and Spaces*. Nueva York: People and Places Gland.
- Yamak, S., Nielsen, S., y Escribá-Esteve, A. (2014). The role of external environment in upper echelons theory: A review of existing literature and future research directions. *Group Organizational Management*, 39(1), 69-109.
- Yu, F., Han, F., y Cui, Z. (2015). Evolution of industrial symbiosis in an eco-industrial park in China. *Journal of Cleaner Production*, 87(2), 339-347.
- Yu, X.H., Xu, M., y Ding, Y.M. (2017). Carbon emissions of China's industrial sectors based on input-output analysis. *Chinese Journal of Population and Resources Environment*, 15(2), 147-156.
- Yuan, Z., Bi, J., y Moriguichi, Y. (2006). The circular economy: A new development strategy in China. *Journal of Industrial Ecology*, 10(1/2), 4-8.
- Yuan, Z., Bi, J., y Moriguichi, Y. (2008). The circular economy: A new development strategy in China. *Journal of Industrial Ecology*, 10(1), 4-8.
- Zeng, H., Chen, X., Xiao, X., y Zhou, Z. (2017). Institutional pressures, sustainable supply chain management, and circular economy capability: Empirical evidence from Chinese eco-industrial park firms. *Journal of Cleaner Production*, 155(1), 54-65.
- Zhong, S., y Pearce, J.M. (2018). Tightening the loop on the circular economy: Coupled distributed recycling and manufacturing with recyclebot and RepRap 3-D printing. *Resources, Conservation & Recycling*, 128(1), 48-58.
- Zhu, B.Z., Jiang, M.X., Wang, K.F., Chevallier, J., Wang, P., y Wei, Y.M. (2018). On the road to China's 2020 carbon intensity target from the perspective of "double control". *Energy Policy*, 119(2), 377-387.
- Zhu, Q., Geng, Y., y Lay, K.H. (2010). Circular economy practices among Chinese manufacturers varying in environmental-oriented supply chain cooperation and the performance implications. *Journal of Environmental Management*, 91(6), 1324-1331.
- Zimmann, R., O'Brien H., Hargrave, J., y Morrell, M. (2016). *The Circular Economy in the Built Environment*. Nueva York: John Wiley & Sons.

La economía circular en la industria automotriz de México

Primera edición 2021

El cuidado de la edición estuvo a cargo
del Departamento Editorial de la Dirección General de Difusión
y Vinculación de la Universidad Autónoma de Aguascalientes