



Lean manufacturing
en la industria
automotriz de México

Gonzalo Maldonado Guzmán



Lean manufacturing
en la industria
automotriz de México

Gonzalo Maldonado Guzmán



Lean manufacturing en la industria automotriz de México

Gonzalo Maldonado Guzmán



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

Lean manufacturing en la industria
automotriz de México

Primera edición 2022

Universidad Autónoma de Aguascalientes
Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria
Aguascalientes, Ags., 20131
editorial.uaa.mx

Gonzalo Maldonado Guzmán

ISBN 978-607-8909-02-5

Hecho en México / *Made in Mexico*

Índice

Prólogo	9
Introducción	11
Metodología de la investigación	17
Conceptualización del <i>lean manufacturing</i>	25
Importancia de la industria automotriz en la economía de México	31
<i>Lean manufacturing</i> en la industria automotriz de México	43
<i>Lean manufacturing</i> en Toyota Motor Corporation	71

<i>Lean manufacturing</i> en BMW	113
<i>Lean manufacturing</i> en Nissan	133
<i>Lean manufacturing</i> en Renault	165
<i>Lean manufacturing</i> en Volkswagen	193
Conclusiones generales	239
Referencias	247

Prólogo

Gonzalo Maldonado Guzmán

El inicio de la tercera década del actual milenio está generando una incertidumbre en la mayoría de las empresas manufactureras, particularmente en aquellas empresas que integran la industria automotriz, no solamente de México sino de cualquier otro país alrededor del mundo, ya que la pandemia del covid-19 que aún sigue padeciendo la sociedad global, dejó infinidad de familias sin alguno de sus miembros, pero también dejó fuera del mercado a miles de empresas, pues las familias no solo tuvieron que enterrar a parte de sus miembros, sino también su patrimonio fruto del esfuerzo de muchos años. De igual manera, los grandes corporativos internacionales también se vieron afectados con los estragos causados por la pandemia del covid-19, pues la contracción que está sufriendo el mercado mundial las está obligando a replantear sus estrategias empresariales para ser más competitivas.

Bajo este escenario, son cada vez más las empresas manufactureras de la industria automotriz de México que están adoptando e implementando al *lean manufacturing* como una estrategia empresarial efectiva, la cual les puede apoyar no solamente en la reducción de los costos de producción y la mejora de la calidad de los productos, sino también en el incremento de sus niveles de rendimiento económico y financiero, especialmente porque el *lean manufacturing* es una metodología de trabajo en equipo que se basa en la eliminación de los residuos que se generan en los procesos productivos, así como en la atención prioritaria de las principales necesidades de clientes y consumidores, lo cual permite a las empresas manufactureras tanto un incremento significativo en el nivel de productividad y calidad, así como en su nivel de rendimiento financiero.

Adicionalmente, la adopción e implementación de esta metodología de negocio también es utilizada por aquellas empresas manufactureras, en particular de las que integran la industria automotriz de México, que tienen dentro de sus objetivos y metas empresariales la reducción de los niveles de contaminación del medioambiente que nos rodea, ya que esta metodología mejora la sustentabilidad y el medioambiente a través de la reducción o eliminación de los residuos sólidos industriales y el uso de energías no renovables, así como la reducción en los tiempos de producción de los productos y la generación de productos más amigables con el medioambiente. En este sentido, el *lean manufacturing* se está posicionando en las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, al igual que en el resto de los países, como una de las metodologías de negocio y como una estrategia empresarial efectiva.

Finalmente, esta obra forma parte de la trilogía que se ha escrito sobre las empresas de la industria automotriz de México, ya que en los dos libros anteriores se ha analizado y discutido el «desarrollo sustentable» y la «economía circular», imperante en este tipo de negocios, concluyendo esta obra con este libro sobre la implementación del *lean manufacturing*.

Introducción

La globalización de la economía y el elevado nivel de competitividad de los mercados está generando en las empresas manufactureras, sobre todo aquellas que integran la industria automotriz, un cambio importante en sus sistemas de producción y gestión, en particular, en aquellas empresas que se encuentran ubicadas en los países desarrollados, dado el bajo nivel de costos de la fuerza laboral existente en los países en vías de desarrollo (Dossou *et al.*, 2020). Por ello, las empresas manufactureras de todos los tamaños y sectores, requieren de la optimización de todas aquellas actividades relacionadas con el sistema de producción y gestión, particularmente, en la industria óptica, de la telefonía celular, farmacéutica y automotriz, las cuales, generalmente, requieren de una diversidad de componentes que se fabrican en el mercado de China (Dossou *et al.*, 2020).

En este sentido, para que las empresas manufactureras tengan la posibilidad de ser más competitivas a nivel mundial, re-

quieren de mejorar su nivel de rendimiento empresarial. Y, para ello, el *lean manufacturing* o «manufactura esbelta» es una de las estrategias que más se están utilizando hoy en día para transformar a las empresas. Así, el *lean manufacturing* generalmente es considerado en la literatura científica como una metodología basada en la eliminación de todas aquellas actividades que no generan una adición de valor en la cadena de suministro (Dossou *et al.*, 2020). Asimismo, el *lean manufacturing* fue desarrollado por Taiichi Ohno (un alto ejecutivo de la empresa automotriz Toyota) en la década de 1950, en Japón, justo después de la culminación de la Segunda Guerra Mundial; y cuando más se requería de un cambio en los sistemas de producción de las empresas manufactureras.

En la actualidad, el *lean manufacturing* comúnmente se basa en la eliminación de los residuos que se generan en los procesos de producción, así como en comprender las principales necesidades de los clientes y consumidores, lo cual permite a las empresas manufactureras incrementar significativamente no solo sus niveles de productividad y calidad, sino también de rentabilidad financiera (Castaldi *et al.*, 2016). Asimismo, esta metodología se utiliza con frecuencia por aquellas empresas manufactureras, particularmente las que pertenecen a la industria automotriz, que buscan una mejora continua, una reducción en sus costos de producción, una agilidad en sus sistemas de producción, un incremento sustancial en su capacidad de producción y una mejora en la sostenibilidad medioambiental (Franco y Alfonso-Lizarazo, 2020).

Además, el *lean manufacturing* define siete actividades sustanciales para reducir de manera significativa los residuos en los sistemas de producción, y permite la implementación de las herramientas necesarias para que las empresas manufactureras estén en condiciones de lograrlas (Schonberger, 2018; Franco y Alfonso-Lizarazo, 2020). En los párrafos que se presentarán a continuación, se tratará de explicar de manera sintética la importancia que tiene cada una de las siete actividades del *lean manufacturing* para las empresas manufactureras.

1. *Sobreproducción*: la generación de un nivel de producción mayor que la demanda del mercado, que trae como consecuencia un reducido margen de utilidad de los productos, comparado con aquellos productos que aún no se han vendido y que están ocupando un espacio en el almacén; por lo cual la planeación de la producción se tiene que ajustar a la demanda del mercado.

2. *Sobre almacenamiento*: acumulación de materias primas y productos. Son considerados como un desperdicio por el exceso de existencias en el almacén, porque genera un gasto innecesario para las empresas manufactureras. Por ello, se debe tener un balance entre el nivel de producción y la demanda del mercado.
3. *Desplazamientos innecesarios*: incremento de los costos y generación de pérdidas por desplazamientos innecesarios cuando los productos se desplazan por las líneas de producción, debido a fallas en los procesos de producción o a la existencia de sistemas de producción inadecuados, por lo cual se requiere que las empresas mejoren los diseños de producción para disminuir los residuos.
4. *Tratamientos innecesarios*: generación de pérdidas por tratamientos innecesarios como consecuencia de una cantidad inadecuada de las distintas etapas del proceso de producción, las cuales tienen que ser eliminadas con el compromiso de que las empresas manufactureras eficienten los sistemas de producción. Para ello, es necesario un análisis de los procesos en cada uno de los departamentos o áreas funcionales para adecuarlos a sus necesidades reales.
5. *Movimientos innecesarios*: errores en la alineación de los procesos de producción o una mala distribución de los procesos o, en su defecto, la falta de un estudio de los parámetros en relación con los tiempos de ejecución de las actividades, que pueden causar movimientos innecesarios en los distintos procesos de producción. Por ello, para resolver este tipo de errores, es necesario que las empresas manufactureras desarrollen una planeación adecuada de los horarios y la lógica de trabajo para reducir el tiempo de ejecución de cada una de las etapas del proceso de producción, eliminando con ello las etapas innecesarias en los procesos de producción.
6. *Errores*: cuando los productos no contienen los estándares de calidad requeridos para su venta en el mercado, generalmente se considera en la literatura como un error de desperdicio, ya que ello conlleva la utilización de recursos financieros para reparar los errores, generando un costo adicional de producción. Este tipo de errores puede ser causado por una baja calidad de la maquinaria y equipo de las empresas manufactureras o bien por una mala cualificación de los trabajadores o por el mal uso de las herramientas de trabajo.

7. *Tiempos de espera*: pérdida en los tiempos de espera correspondientes entre una etapa y la siguiente del proceso de producción, generalmente causada por una acumulación de productos sin terminar en una determinada etapa del proceso productivo. Estos tiempos de espera pueden ser causados por un período de tiempo mayor que el que normalmente pasa un producto en una etapa del proceso productivo, antes de que pase a la siguiente etapa para su producción final. Este tipo de errores pueden corregirse a través de un análisis adecuado en el balance de cada uno de los procesos de producción de los productos.

Sin embargo, en la actual literatura científica, la mayoría de los investigadores, académicos y profesionales de la industria consideran la existencia de una herramienta del *lean manufacturing*, llamada «Mapeo del flujo de valor», la cual conjunta todas las acciones que analizan tanto la adición como la no adición de valor presentes en un producto desde su etapa inicial hasta su etapa final en el proceso de producción (Dossou *et al.*, 2020). Esta herramienta básica del *lean manufacturing* permite trabajar a las empresas manufactureras, entre ellas, las que pertenecen a la industria automotriz, en la totalidad de la línea de producción y no solamente en una parte de ella, ya que el Mapeo del flujo de valor no se centra solamente en la actividad de una máquina en particular de una línea de producción, sino que analiza la totalidad de la línea de producción (Garza-Reyes *et al.*, 2018).

En este sentido, el Mapeo del flujo de valor toma una fotografía del proceso de producción actual de la organización, como si fuera un sistema cartográfico de las empresas, el cual analiza detalladamente las inconsistencias existentes en el proceso de producción (la no adición de valor), y describe aquellas actividades que generan una adición de valor a los productos, reorientando los esfuerzos y los recursos solamente a aquellas actividades que generen valor y descartando o eliminando aquellas actividades que no generan valor (Dossou *et al.*, 2020). La figura 1 que se presenta a continuación muestra con mayor detalle las características del *lean manufacturing*.

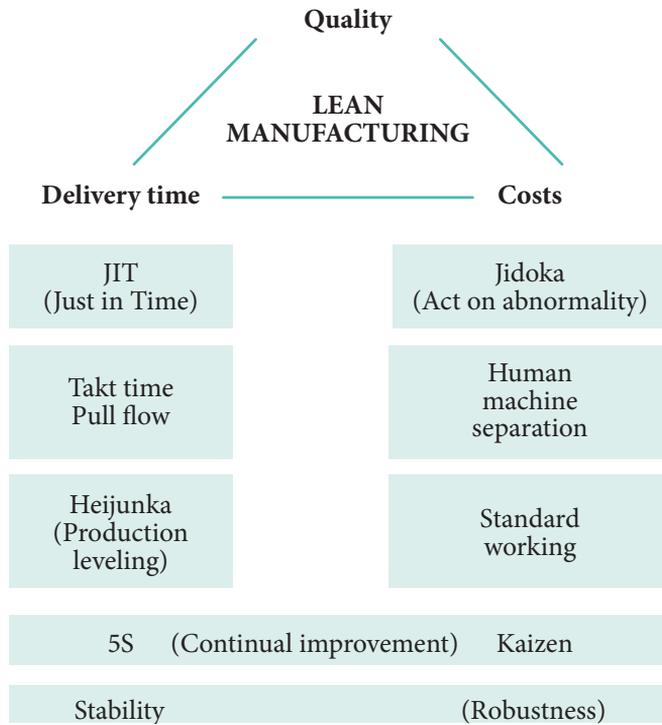


Figura 1. La casa del *lean manufacturing*. Fuente: Dossou *et al.* (2020).



Metodología de la investigación

En la literatura del *lean manufacturing*, diversos investigadores, académicos y profesionales de la industria consideran que la medición éste es fundamental, ya que prácticamente de ello dependerá el análisis y discusión de la información obtenida. Así, para la obtención de la información del *lean manufacturing* de las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México, se diseñó una encuesta que fue aplicada a los gerentes de las empresas seleccionadas, adaptando una escala de medición del *lean manufacturing* a través de una extensa revisión de la literatura. Esta escala integra básicamente las principales actividades del *lean manufacturing* que realizan las empresas, sobre todo aquellas empresas manufactureras que pertenecen a la industria automotriz, que realizan actividades distintas a las de otros sectores de la actividad económica.

Además, dado que la encuesta para la recolección de la información prácticamente contiene preguntas cualitativas y

cuantitativas, se creyó conveniente, para efectos de este libro, establecer el tamaño de la muestra considerando un error máximo de estimación del 5 % y con un nivel de confianza del 95 % para el total de la muestra. Asimismo, el tamaño de las empresas manufactureras que participaron en el estudio empírico se definió considerando el sector y el número de empleados que tenían al momento de la aplicación de la encuesta, con lo cual se generaron tres grupos perfectamente definidos: pequeñas, medianas y grandes empresas. Estas concuerdan, sin problema alguno, con la clasificación oficial que se tiene en México, que es la clasificación que comúnmente se utiliza en los trabajos realizados por los investigadores y académicos.

Asimismo, la situación más desfavorable que se tendría en este estudio empírico sería la obtención de una mayor varianza, la cual se conseguiría si P_h es igual a 0.5, supuesto bajo el cual se obtiene el tamaño de la muestra, asumiendo fundamentalmente una distribución asintóticamente normal del estimador. En este sentido, para la determinación del tamaño de la muestra se consideró adecuada la utilización del directorio empresarial proporcionado por la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), la cual tenía un registro de 909 empresas productoras de vehículos y autopartes al 30 de noviembre de 2018. Además, es importante señalar que las empresas manufactureras asociadas a la AMIA pertenecen a diversas organizaciones y cámaras empresariales locales, regionales y nacionales, por lo cual el trabajo de investigación no se centró en un grupo o asociación en particular.

De igual manera, la encuesta para la recolección de la información se diseñó para recabar la información de las actividades del *lean manufacturing* y la sustentabilidad. Se aplicó durante los meses de enero a abril de 2019 a una muestra de 460 empresas manufactureras, seleccionadas mediante un muestreo aleatorio simple; esta muestra representó el 50.6 % del total de la población empresarial de la AMIA. Además, cabe señalar que la mayoría de los gerentes entrevistados son los responsables directos de la adopción e implementación de las actividades del *lean manufacturing* en sus respectivas empresas, y han estado trabajando en la industria automotriz durante más de 10 años. Esto permitió que los gerentes entrevistados proporcionaran información muy valiosa e interesante, ya que poseen un profundo conocimiento y experiencia en las empresas manufactureras de la industria automotriz.

Adicionalmente, para la medición de las actividades del *lean manufacturing* se realizó una adaptación a la escala propuesta por Piyathanavong (2019),

quien consideró que esta puede ser medida a través de cinco factores o dimensiones: 1) Technical Lean Practices, medida por medio de 5 ítems; 2) Human Lean Practices, medida a través de 5 ítems; 3) Incremental Process Innovation, medida por medio de 3 ítems; 4) Radical Process Innovation, medida por medio de 3 ítems; y 5) Operational Performance Effects, medida a través de 6 ítems. Asimismo, todos los ítems de las tres dimensiones o factores fueron medidos por medio de una escala tipo Likert de 5 puntos, con 1 (completamente en desacuerdo) y 5 (completamente de acuerdo) como límites.

Con la finalidad de que los lectores tengan una mayor claridad de la información de las empresas manufactureras que componen la muestra utilizada, se presentará en las siguientes tablas los estadísticos descriptivos de la muestra, dividiéndolo en dos apartados básicos: los estadísticos descriptivos referentes a las empresas manufactureras de la industria automotriz y los estadísticos que describen las características principales de los gerentes de las empresas manufactureras que fueron encuestadas.

<i>Variables</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 %

Tabla 1. Estratificación de la muestra por Estado. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 1 muestra la cantidad de encuestas que se aplicaron en cada uno de los estados donde se concentra, en mayor medida, la industria automotriz en México. Se buscó que la muestra fuera similar en cada uno de los estados,

con excepción del estado de Coahuila, en el que se levantaron 100 encuestas porque las empresas manufactureras querían participar en el estudio realizado, de tal manera que facilitara el análisis de la información recabada y permitiera hacer un análisis comparativo entre los estados.

<i>Variables</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Pequeñas	139	30.2
Medianas	199	43.3
Grandes	122	26.5
Total	460	100 %

Tabla 2. Tamaño de las empresas manufactureras. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al tamaño de las empresas manufactureras, la tabla 2 indica que 139 empresas que representan el 30.2 % son pequeñas, mientras que 199 empresas que representan el 43.3 % son medianas, y las restantes 122 empresas que representan el 26.5 % son grandes. Con ello es posible establecer que alrededor de 4 de cada 10 empresas de la muestra son medianas, y 3 de cada 10 son pequeñas y grandes empresas.

<i>Variables</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Empresas jóvenes	156	33.9
Empresas maduras	304	66.1
Total	460	100 %

Tabla 3. Antigüedad de las empresas manufactureras en el mercado. Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la antigüedad de las empresas manufactureras, la tabla 3 muestra que 156 empresas, que representan el 33.9 %, son empresas jóvenes que tienen menos de 10 años en el mercado, mientras que las 304 empresas restantes, que representan el 66.1 %, son empresas maduras que tienen más de 10 años en el mercado. Con ello es posible establecer que alrededor de 7 de cada 10 em-

presas manufactureras de la industria automotriz en México tienen más de 10 años en el mercado (empresas maduras).

<i>Variables</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Aumento	237	51.5
Igual	171	37.2
Disminución	52	11.3
Total	460	100 %

Tabla 4. Tendencia en los ingresos por ventas en 2019. Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4 indica que 237 empresas manufactureras, que representan el 51.5 %, consideraban un aumento en la tendencia de los ingresos por ventas para el año 2019, mientras que 171 empresas, que representan el 37.2 %, consideraban una tendencia igual, y solamente 52 empresas, que representan el 11.3 %, consideraban una disminución en los ingresos por ventas en el año 2019. Con ello es posible establecer que un poco más de 5 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México consideraban que tendrían un incremento en sus ingresos por las ventas realizadas en el año 2019.

<i>Variables</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
No familiares	338	73.5
Familiares	122	26.5
Total	460	100 %

Tabla 5. Tipo de empresa manufacturera. Fuente: Elaboración propia.

Con referencia al tipo de empresa, la tabla 5 muestra que 338 empresas, que representan el 73.5 %, son consideradas como empresas no familiares, mientras que las 122 empresas restantes son consideradas como empresas familiares, es decir, aquellas empresas que tienen más del 50 % de las acciones en poder de una sola familia. Por ello, es posible establecer que solo alrededor de 3 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México son consideradas como familiares.

<i>Variables</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
No	36	29.5
Sí	86	70.5
Total	122	100 %

Tabla 6. Los puestos de dirección están ocupados por familiares. Fuente: Elaboración propia.

Del total de las empresas manufactureras que son familiares, 36 de ellas, que representan el 29.5 %, no tienen los puestos de dirección ocupados por familiares, mientras que las 86 empresas restantes, que representan el 70.5 %, sí tienen familiares en los puestos de dirección. Así, es posible establecer que solo 3 de cada 10 empresas familiares de la industria automotriz de México no tienen a sus familiares en los puestos de dirección, lo cual les da cierta autonomía en la toma de decisiones.

<i>Variables</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Hombres	403	87.6
Mujeres	57	12.4
Total	460	100 %

Tabla 7. Género del gerente de las empresas manufactureras. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7 se observa que 403 empresas manufactureras de la industria automotriz de México, que representan el 87.6 %, están gestionadas por hombres, mientras que las 57 empresas restantes están gestionadas por mujeres. Por ello, es posible establecer que alrededor de 9 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz tienen a un hombre como gerente, y solo 1 de cada 10 empresas tienen a una mujer en la gerencia, lo cual demuestra fehacientemente que la industria automotriz en México está dominada por los hombres.

Con respecto a la edad de los gerentes de las empresas manufactureras, la tabla 8 muestra que 60 gerentes, que representan el 13 %, son jóvenes, es decir, tienen una edad de entre 20 y 36 años; mientras que 357 gerentes, que representan el 77.6 %, son adultos, es decir, tienen una edad de entre 36 y 60 años; y

solo 43 gerentes, que representan el 9.4 %, son adultos mayores, es decir, tienen una edad de más de 60 años. Por ello, es posible establecer que alrededor de 8 de cada 10 gerentes de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México tienen una edad de entre 36 y 60 años.

<i>Variables</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Jóvenes	60	13.0
Adultos	357	77.6
Adultos mayores	43	9.4
Total	460	100 %

Tabla 8. Edad de los gerentes de las empresas manufactureras. Fuente: Elaboración propia.

<i>Variables</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Educación básica	14	3.0
Bachillerato	20	4.3
Carrera técnica	9	2.0
Licenciatura o ingeniería	305	66.3
Maestría	87	18.9
Doctorado	25	5.4
Total	460	100 %

Tabla 9. Nivel de formación de los gerentes de las empresas manufactureras. Fuente: Elaboración propia.

En lo concerniente al nivel de formación de los gerentes, en la tabla 9 se puede observar que 14 de ellos, que representan el 3 %, tienen solo la educación básica (primaria y/o secundaria); 20 gerentes, que representan el 4.3 % cuentan con estudios de bachillerato; 9 gerentes, que representan el 2 %, tienen estudios de una carrera técnica; mientras que 305 gerentes, que representan el 66.3 %, cuentan con una carrera universitaria o ingeniería; 87 gerentes, que representan el 18.9 %, manifestaron que tienen estudios de maestría; y los 25 ge-

rentes restantes tienen estudios de doctorado. Con esta información es posible establecer que 7 de cada 10 gerentes de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México tienen estudios universitarios y 2 de cada 10 poseen un título de maestría.

<i>Variables</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</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 %

Tabla 10. Experiencia de los gerentes de las empresas manufactureras. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la experiencia de los gerentes de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, la tabla 10 muestra que 184 gerentes, que representan el 40 %, tienen un nivel de experiencia de 1 a 5 años; mientras que 120 gerentes tienen una experiencia de 6 a 10 años; 66 gerentes, que representan el 14.3 %, tienen entre 11 y 15 años de experiencia; 42 gerentes, que representan el 9.1 %, tienen entre 16 y 20 años de experiencia; y los restantes 48 gerentes tienen una experiencia de más de 20 años en la industria automotriz. Por lo tanto, es posible establecer que 4 de cada 10 gerentes de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México tienen una experiencia de entre 1 y 5 años, y alrededor de 3 de cada 10 gerentes cuentan con una experiencia laboral de entre 6 y 10 años.

Conceptualización del *lean manufacturing*

Las primeras dos décadas del actual siglo XXI se caracterizan, fundamentalmente, por la existencia de un mercado cada vez más competitivo, con nuevas ideas, nuevos sistemas de producción y la aparición de nuevas empresas que producen los mismos productos; lo cual genera no solamente un mayor nivel de competencia, sino que las empresas también deben generar un proceso de mejora continua (Lazai *et al.*, 2020). En este contexto, en la actual literatura científica han aparecido nuevas ideologías y procesos que permiten a las empresas manufactureras, entre ellas las que integran la industria automotriz, la optimización de su rendimiento empresarial. Dentro de las ideologías más importantes se encuentra la filosofía del *lean manufacturing*, que prácticamente ha intensificado la demanda de productos con un elevado nivel de desarrollo, así como la flexibilidad de los procesos de producción, la eliminación de los residuos, la implementación de mejores procesos de control y una eficiencia

laboral, lo cual permite la obtención de ventajas competitivas (Karim y Arif-Uz-Zaman, 2013).

En este sentido, el *lean manufacturing*, también conocido como el sistema de producción de Toyota, fue diseñado y desarrollado con base en el concepto de pensamiento esbelto, y fue creado por el ejecutivo de Toyota Motor Company Taiichi Ohno, quien inicialmente lo orientó hacia la producción de la industria automotriz, y gradualmente fue implementándolo en varias áreas de la industria; pero, esencialmente, entre los años de 1948 a 1975. Se generó una necesidad de producir una mayor cantidad de productos con la menor cantidad posible de recursos, por lo cual el *lean manufacturing* se extendió a otro tipo de industrias y, sobre todo, a una gran cantidad de países del mundo (Lazai *et al.*, 2020), justo después de la culminación de la Segunda Guerra Mundial, lo cual facilitó su implementación en una diversidad de actividades productivas.

Además, el *lean manufacturing* es una filosofía de trabajo cuyo objetivo esencial es la reducción de los residuos o desperdicios, lo cual permite a las empresas manufactureras no solo mejorar de la calidad de sus productos, sino también reducir de manera significativa los costos de producción (Pascal, 2007). Por ello, de acuerdo con Ohno (1997: 10), el *lean manufacturing* puede ser definido como: “Un sistema de eliminación de los residuos y de las actividades innecesarias con el objetivo de reducir los costos, con la idea de producir básicamente solo lo que es necesario en el menor tiempo posible y con el mismo nivel de calidad requerida”. Así, el *lean manufacturing* difiere de la manufactura tradicional en la planeación de los procesos adoptados para la mejora de los sistemas de producción, lo cual permite que estas diferencias tengan un impacto directamente en los sistemas de gestión y en los resultados obtenidos (Ciarniéné y Vienazindiené, 2012).

Estructuralmente, de acuerdo con Ohno (1997), Pascal (2007) y Bakri *et al.* (2012), el *lean manufacturing* está compuesto prácticamente por siete principios esenciales de reducción de los residuos generados en los procesos de producción de los productos manufacturados: sobreproducción, tiempos de espera, transportación, exceso de procesamiento, *stock* o almacenamiento, movimientos y defectos. Estos principios están presentes en la mayoría de las empresas de todos los sectores y tamaños de la actividad económica. Para que los lectores tengan un panorama más amplio de la importancia que tienen estos siete principios, en los siguientes párrafos se presentará una breve descripción de cada uno de ellos.

Sobreproducción: La sobreproducción es considerada como el acto de producir una cantidad mayor de productos de los que realmente son necesarios. Esto puede reducir de manera significativa los incentivos, las metas y la planeación; incrementando con ello la capacidad de producción —entre otros impactos negativos—, lo cual generalmente representa una seria amenaza para la propia sobrevivencia de las organizaciones; principalmente, porque deja inactivo por mucho tiempo el capital y los recursos, además de ocasionar residuos, altos tiempos de espera y almacenamiento excesivo de productos. Sin embargo, estos problemas pueden desaparecer si las empresas manufactureras de la industria automotriz tienen un buen conocimiento del mercado, de los productos, procesos y personal involucrado en las distintas actividades de producción. Además, es preciso que las empresas solamente produzcan lo necesario de acuerdo con la demanda del mercado, lo cual permitirá optimizar los procesos productivos.

Tiempos de espera: Los tiempos medios de espera comúnmente son considerados como la capacidad técnica y humana ociosa, la cual generalmente es causada por un desbalance en los procesos o líneas de producción, sobredimensiones de los equipos de trabajo o bien por la falta de materiales y materias primas. En otras palabras, la capacidad ociosa de las empresas manufactureras de la industria automotriz requiere de la disponibilidad de una serie de recursos, los cuales no son utilizados en el proceso productivo, incrementando con ello los costos fijos del proceso de producción. Asimismo, los tiempos medios de espera pueden tener su raíz en las actividades de sobreproducción, las cuales generan un aumento en los *stocks* de productos, siendo posible su regularización a través del redireccionamiento de los recursos a otro tipo de actividades no relacionadas directamente con la manufactura de los productos, como pudiera ser, por ejemplo, el pago de vacaciones de los trabajadores o bien el pago de cursos de formación y capacitación del personal.

Transporte: El transporte comúnmente es considerado como los movimientos innecesarios de materiales, materias primas, herramientas o equipos, lo cual ocasiona problemas en los procesos de producción. Este tipo de problema puede ser causado por diversos factores, tales como la ineficiencia de las rutas, la distancia entre los proveedores y la manufactura de los productos, la complejidad de los flujos de las materias primas, diseños industriales deficientes y la desorganización de los lugares de trabajo. Además, el exceso de transporte durante el proceso de producción se puede mejorar significativamente si

se hace más eficiente el diseño industrial, si se reducen los espacios entre cada una de las fases de producción y si se reducen los movimientos y desplazamientos de los materiales. Sin embargo, al exterior de la organización, la distancia de los proveedores y la ineficiencia de las rutas de transporte, tienen que ser analizadas para optimizar los flujos de los recursos de acuerdo a las necesidades de las empresas manufactureras.

Exceso de procesos: Se considera como un exceso de procesos cuando se realizan tareas humanas o de la maquinaria y equipo que no adicionan valor a los productos, lo cual puede tener su origen en una falta de objetividad con los gustos y necesidades de los clientes, cambios frecuentes en los productos, inadecuado análisis del valor y una inadecuada preparación de las instrucciones del proceso de producción. Asimismo, la reelaboración de los productos es uno de los principales excesos de procesos, el cual generalmente tiene su causa en un exceso de flujos de procesos productivos, falta de fiabilidad en los proveedores o falta de objetividad en las preferencias de los clientes y consumidores. Además, el exceso tanto en los cambios en los productos como en el exceso de control de las operaciones de producción, comúnmente generan una elevada cantidad de residuos, los cuales pueden ser resueltos con la adopción e implementación de las actividades del *lean manufacturing*, la cual establece los requerimientos básicos para el desarrollo de la producción.

Almacenamiento excesivo: El exceso de *stock* o almacenamiento de materiales, materias primas y productos, frecuentemente genera demasiados residuos, dado que las empresas manufactureras tienen un exceso de producción. Este último tiene su raíz en un desbalance de la línea de producción, la producción de grandes cantidades de productos y un desfase entre la generación de los órdenes de pedidos y la entrega de estos. Sin embargo, la diversas posibilidades de solución de esta problemática varían de acuerdo al nivel de complejidad de los procesos productivos de los productos, de acuerdo a la cadena de proveeduría, al tipo de procesos y a la flexibilidad de las entregas de los productos, ya que si los productos no requieren enviarse inmediatamente, se incrementará su nivel de *stock* en las empresas. Por ello, es importante que se alinee el nivel de producción con la demanda del mercado y que la cadena de proveeduría sea más eficiente y fiable, lo cual evitaría totalmente la sobreproducción de las empresas manufactureras.

Movimientos innecesarios: Los movimientos innecesarios de los trabajadores y de la maquinaria y equipo, generalmente, son influenciados por un di-

seño industrial inadecuado, un ambiente de trabajo desorganizado, una falta de estandarización en las instrucciones de trabajo y un flujo de materiales confuso en el proceso de producción. Además, el problema de los movimientos innecesarios de los trabajadores es una de las cuestiones que se tienen que resolver en primera instancia, ya que ello permitirá a las empresas manufactureras mejorar significativamente las líneas de producción, pues el exceso de movimientos aumenta el tiempo a los procesos productivos, lo cual genera un costo adicional para los productos generados por las empresas.

Defectos: Los defectos de los productos pueden definirse como el proceso de materiales utilizados en su manufactura que requiere de un reprocesamiento o retrabajo, cuyas causas principales son la falta de objetividad de los gustos y necesidades de los clientes con respecto al producto fabricado, incapacidad de controlar los procesos y personas y falta de cualificación de los proveedores. Para resolver este problema, el medioambiente industrial de trabajo comúnmente utilizado es hacerlo bien desde la primera vez, ya que cualquier reprocesamiento implica la utilización de recursos humanos, materiales y uso de la maquinaria y equipo, que no solo retrasa el proceso de producción de los productos, sino que también genera costos adicionales.



Importancia de la industria automotriz en la economía de México

Los cambios en los negocios y el elevado nivel de competitividad que se está desarrollando a nivel global, están presionando a las empresas manufactureras –principalmente a las que integran la industria automotriz– a reorientar y/o adoptar nuevas estrategias empresariales que les permitan incrementar significativamente su nivel de eficiencia, lo cual les permitirá ser más competitivas tanto en el mercado nacional como en el internacional (Nassereddine y Wehbe, 2018). Además, las empresas que participan en la cadena de proveeduría de la industria automotriz que producen diversos tipos de productos y servicios, tienen el mismo nivel de presión para realizar cambios al interior de las organizaciones y mejorar su nivel de competitividad, ya que las grandes empresas armadoras de vehículos requieren de una cadena de proveeduría más eficiente y efectiva.

Asimismo, las empresas manufactureras que integran la industria automotriz tienen que ser más competitivas, a nivel na-

cional e internacional, a través de la adopción e implementación de actividades tanto de la mejora en la calidad de sus productos como en la reducción de costos de producción (Nassereddine y Wehbe, 2018). Sin embargo, no todas las empresas manufactureras logran estas metas, ya que, generalmente, dependen de la eficiencia y eficacia de las actividades que implementen, así como de los recursos de los que dispongan las organizaciones para mejorar los niveles de calidad y reducción de los costos. Por ello, una de las estrategias que más se están implementando y que han causado un mayor nivel de impacto en diversas empresas manufactureras de la industria automotriz a nivel global, es el sistema de *lean manufacturing*.

En este sentido, el *lean manufacturing* comúnmente es definido en la literatura científica como un sistema de integración de los procesos de manufactura que permite maximizar la capacidad de utilización de los sistemas de producción, con la minimización de los niveles de inventario (Nassereddine y Wehbe, 2018). Por ello, la adopción del *lean manufacturing* puede minimizar los procesos de manufactura de las empresas que integran la industria automotriz, incluidos la mejora del tiempo de los procesos de producción, así como los costos de los residuos (De Treville y Antonakis, 2006), por lo cual las actividades del *lean manufacturing* permitirán a las empresas manufactureras de la industria automotriz no solamente mejorar significativamente los tiempos en los procesos productivos, sino también el nivel de calidad de los productos, con la generación del menor nivel posible de los residuos y a los menores costos posibles.

Además, de acuerdo con estudios previos publicados en la literatura científica del campo de la sustentabilidad, las empresas manufactureras que han adoptado e implementado las actividades del *lean manufacturing*, entre ellas las que pertenecen a la industria automotriz, han mejorado sustancialmente sus sistemas de producción, así como han incrementado su nivel de competitividad global, comparado con aquellas empresas que aún no lo han hecho (Cua *et al.*, 2001; De Menezes *et al.*, 2010). Sin embargo, la implementación de todas aquellas actividades que conlleva el *lean manufacturing* en las empresas manufactureras de la industria automotriz en los países de economía emergente —como es el caso de México—, que tienen una falta de recursos, tecnología y herramientas, es necesario que se apoye desde la perspectiva de la academia, las empresas y las autoridades gubernamentales de los tres niveles de gobierno para su adopción y desarrollo.

Bajo esta perspectiva, la industria automotriz en México tiene un alto nivel de importancia económica y social, no solamente por la contribución que tiene en el PIB nacional, sino también por la cantidad de empleos que genera. Inclusive, diversos estados del país, particularmente los que se encuentran en el bajío, dependen —en un elevado porcentaje— de la industria automotriz para su desarrollo económico y social. En los gráficos, figuras y tablas que se presentarán a continuación se expondrá con mayor claridad la importancia que tiene la industria automotriz en México.

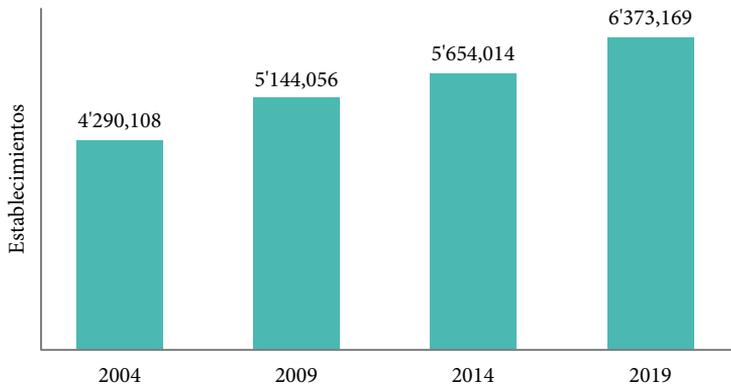


Gráfico 1. Número de establecimientos existentes en México. Fuente: Censos económicos 2019.

De acuerdo con los censos económicos 2019, elaborados por el Instituto Nacional de Estadística (INEGI, 2020), actualmente existen en México un poco más de 6.3 millones de establecimientos o unidades económicas, las cuales han tenido una evolución favorable en los últimos 15 años, al registrar una tasa de crecimiento promedio anual del 2.4 %, tal y como se muestra en el gráfico 1. Esto indica la existencia de condiciones económicas y sociales que favorecen la inversión nacional y extranjera directa en la generación de productos o servicios. Además, estos datos demuestran la existencia de un medio ambiente de los negocios que incentiva su crecimiento y desarrollo, lo cual es producto tanto de un crecimiento del consumo interno como de la demanda de productos y servicios a nivel internacional.

Con respecto al personal ocupado en México, los censos económicos 2019 establecen la existencia de un crecimiento sustancial en los últimos 15 años, como se puede apreciar en el gráfico 2, al pasar de un poco más de 23 millones

de personas ocupadas en el año 2004 a un poco más de 36 millones en 2019; es decir, se registró un crecimiento promedio anual del 4 %. Además, los poco más de 36 millones de trabajadores laboran en un poco más de 6.3 millones de unidades económicas establecidas en México, lo cual permite establecer la existencia de un medioambiente económico y social favorable para el establecimiento de empresas de diversos tamaños y sectores, primordialmente las empresas manufactureras de la industria automotriz.

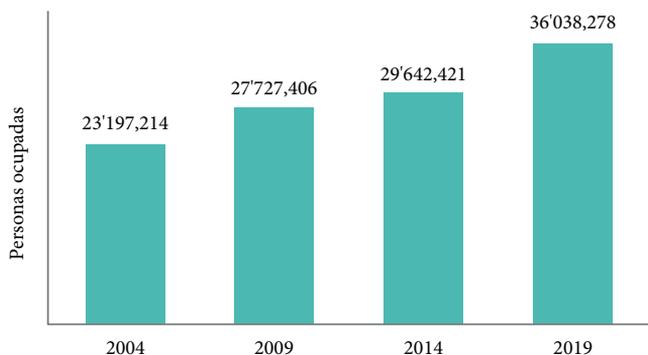


Gráfico 2. Personal ocupado en México. Fuente: Censos económicos 2019.

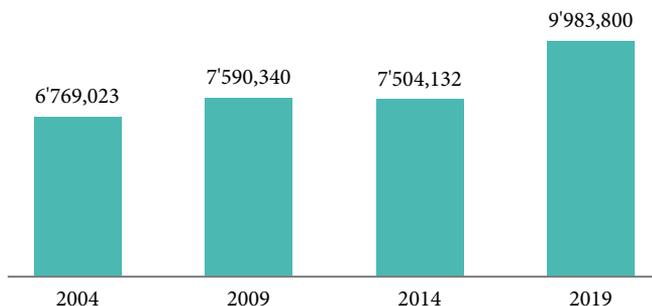


Gráfico 3. Valor agregado en México. Fuente: Censos económicos 2019 (valores en millones de pesos constantes 2018 = 100).

El valor agregado en México se ha incrementado significativamente en los últimos 15 años, al pasar de un poco más de 6.7 millones de pesos durante el año 2004 a alrededor de 10 millones de pesos en 2019, lo cual equivale a un incremento promedio anual del 5.9 %, tal y como lo muestra el gráfico 3.

Asimismo, el valor agregado se redujo ligeramente en el año 2014, al pasar de alrededor de 7.6 millones de pesos durante el año 2009 a un poco más de 7.5 millones de pesos en 2014. Sin embargo, a pesar de esta leve reducción, se aprecia en el gráfico anterior la existencia de un incremento importante del valor agregado, lo cual implica que la economía mexicana ha registrado un crecimiento permanente importante en los últimos 15 años, precisamente por las excelentes condiciones económicas y sociales que le brindan a los inversionistas para la generación de empresas.

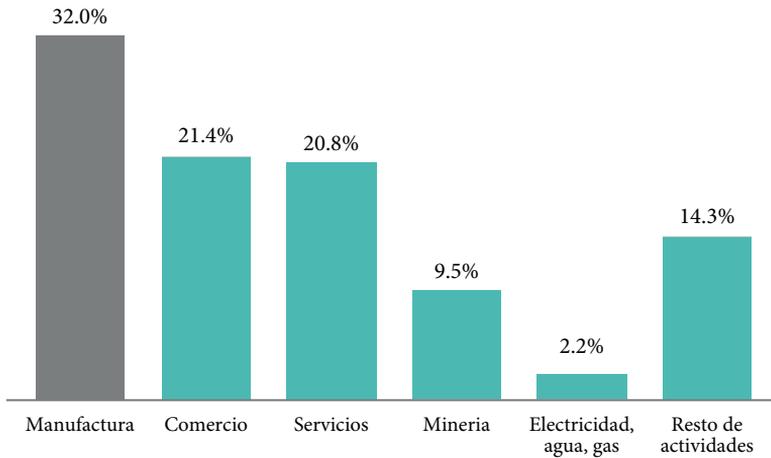


Gráfico 4. Participación de las actividades económicas en el valor agregado. Fuente: Censos económicos 2019.

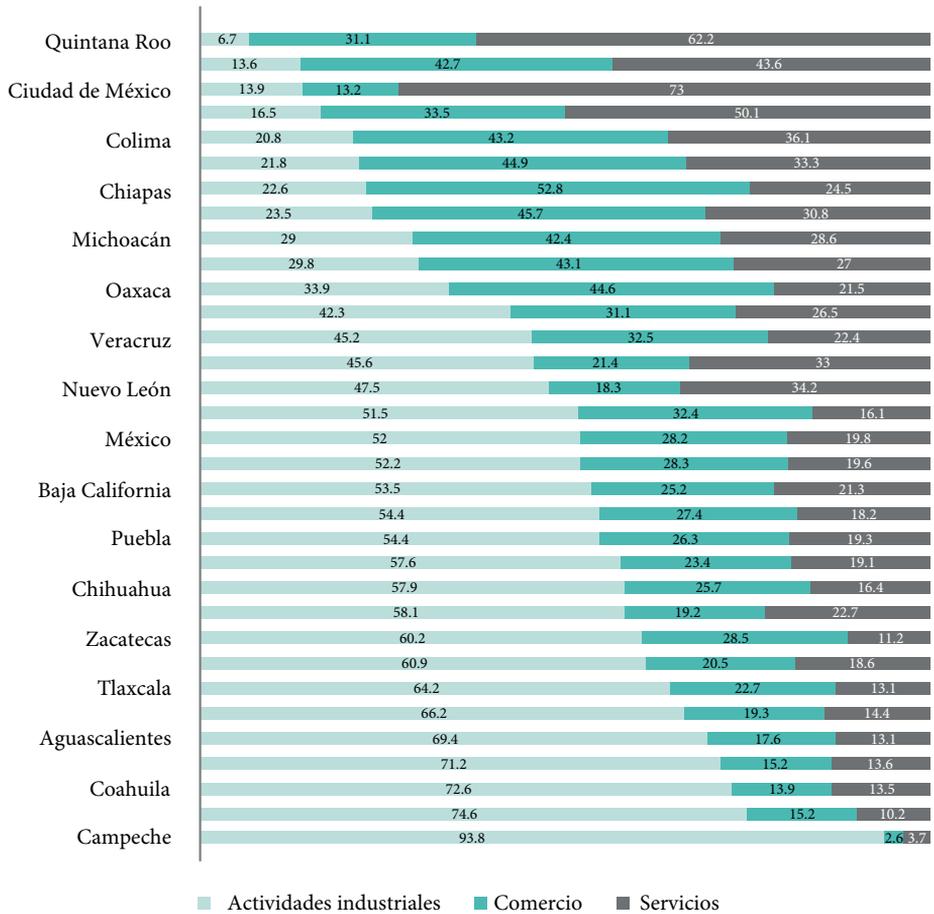
Si analizamos ahora la participación de las diversas actividades económicas en el desarrollo del valor agregado en la economía de México durante el año 2019, en el gráfico 4 se puede observar que la industria manufacturera es el sector que tiene el mayor nivel de crecimiento, al aportar el 32 % del total del valor agregado, mientras que el comercio participó con el 21.4 % y los servicios con el 20.8 %, como los tres sectores más importantes en la generación del valor agregado en México. Por lo tanto, es posible establecer que la industria manufacturera no solamente es el sector de mayor importancia en la economía mexicana, sino también el sector que genera la mayor parte de la riqueza de México, ya que prácticamente 3 de cada 10 pesos que se generan como valor

agregado en México, corresponden precisamente a las diversas empresas manufactureras asentadas en el territorio nacional.

Actividad económica	Personal ocupado				Valor agregado			
	2014		2019		2014		2019	
	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.	Pos.	
Manufactura	23.5	3	23.9	3	29.0	1	32.0	1
Comercio	29.6	2	27.6	2	15.5	4	21.4	2
Servicios privados no financieros.	35.8	1	37.5	1	19.6	2	20.8	3
Minería	0.8	9	0.7	9	16.8	3	9.5	4
Servicios financieros y de seguros.	2.2	6	2.4	6	9.5	5	8.6	5
Transporte, correo y almacenamiento.	3.6	4	3.7	4	3.2	7	3.6	6
Electricidad, agua y gas.	1.0	7	0.8	8	4.3	6	2.2	7
Construcción	2.6	5	2.5	5	1.8	8	1.9	8
Pesca y acuicultura	0.9	8	0.9	7	0.2	9	0.2	9

Tabla 11. Personal ocupado y valor agregado por actividad económica. Fuente: Censos económicos 2019.

Con respecto al personal ocupado y el valor agregado en las actividades económicas de México, la tabla 11 muestra la importancia que tienen las empresas manufactureras (entre ellas las que integran la industria automotriz), ya que no solamente incrementaron levemente el personal ocupado al pasar del 23,5 % durante el año 2014 a 23,9 % en 2019, sino que también mejoraron significativamente su posición en la aportación al valor agregado, al pasar del 29 % durante el año 2014 a 32 % en 2019, conservando su posición número 1 en la aportación de riqueza al valor agregado en México. Asimismo, el comercio y los servicios, aun cuando tienen un porcentaje mayor de personal ocupado que las empresas que integran la industria manufacturera, el aporte que hacen al valor agregado es significativamente menor, lo cual permite establecer que, sin lugar a dudas, las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México tienen una importancia sustancial en la aportación del valor agregado de la economía de México.



Gráfica 5. Vocación de las entidades, según su valor agregado. Fuente: Censos económicos 2019.

Como se puede apreciar en el Gráfico 5, la mayoría de las entidades federativas de México tienen una mayor actividad industrial en sus economías, e incluso varias de ellas tienen más del 60 % de sus actividades relacionadas con la industria manufacturera. Además, son prácticamente los estados que concentran la mayor parte de las empresas manufactureras que integran la industria automotriz, los que tienen el mayor porcentaje de las actividades industriales, primordialmente los estados que se encuentran en el bajo del país. Asimismo,

mo, los servicios son el segundo tipo de actividades que se concentran más en el desarrollo de las economías de las entidades federativas, pues existen varios estados que tienen el mayor porcentaje de actividades de servicios. Finalmente, las actividades comerciales son el tercer grupo de actividades a las que más se dedican las entidades federativas de México, aun cuando son relativamente pocos los estados que tienen una clara dependencia económica de las actividades de comercio.



Figura 2. Vocación de las entidades, según su aporte al valor agregado. Fuente: Censos económicos 2019.

En la figura 2 se puede apreciar mejor la vocación económica que tienen las 32 entidades federativas de México, y es posible observar que son prácticamente 4 estados los que tienen una vocación económica preponderantemente orientada a los servicios, mientras que aquellas entidades que tienen una clara vocación a las actividades comerciales son 7, y la inmensa mayoría de las entidades federativas que integran la República Mexicana tienen una vocación eminentemente industrial. Además, cabe aclarar que para la definición de la vocación económica de las entidades federativas de México, se consideró el sector con mayor participación en el valor agregado de cada una de las entidades, lo cual indica que la mayoría de los estados tienen una mayor participación en

el valor agregado por parte de las actividades industriales, comparadas con los servicios y el comercio.

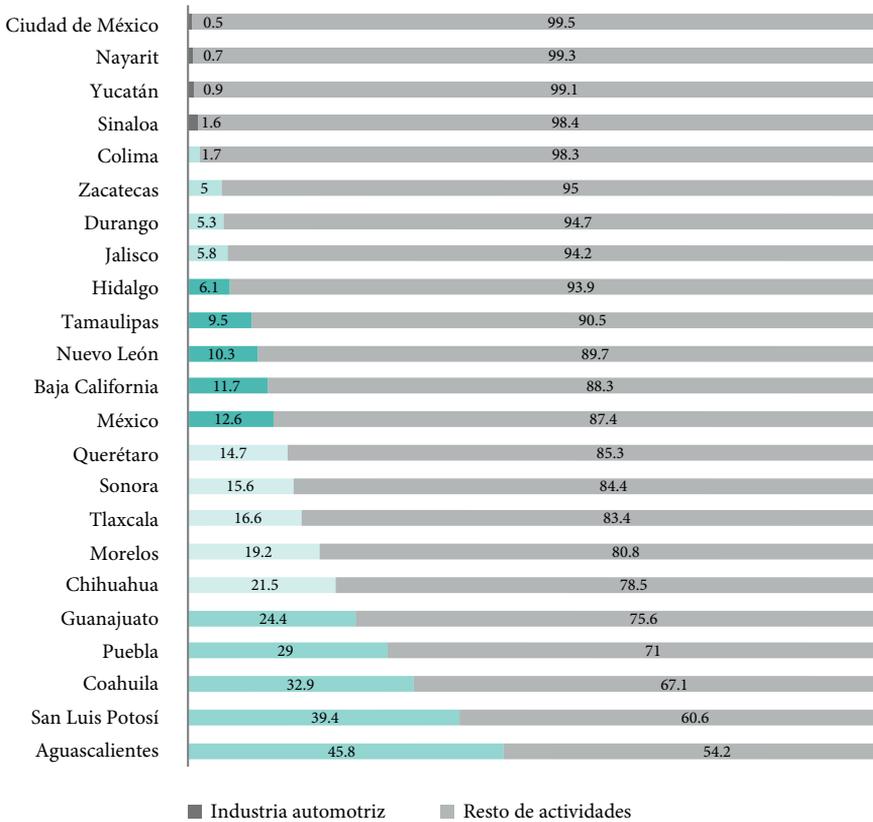


Gráfico 6. Especialización de las entidades federativas en la industria automotriz por su valor agregado. Fuente: Censos económicos 2019.

Con respecto a la especialización de las entidades federativas en la industria automotriz por su valor agregado, el gráfico 6 muestra que son 4 estados los que tienen una participación menor o igual al 1.6 % de las actividades de la industria automotriz en el valor agregado, mientras que también son 4 las entidades federativas que tienen un aporte de entre 1.7 % y 5.8 % de las actividades de la industria automotriz al valor agregado total de los estados. Las entidades federativas que aportan entre el 6.1 % y el 12.6 % de las actividades de la

industria automotriz al valor agregado estatal son 5, igual que el número de estados que aportan entre el 14.7 % y el 21.5 %, así como las entidades federativas que tienen el mayor nivel de aportación de las actividades de la industria automotriz al valor agregado de los estados, que oscila entre el 24.4 % y el 45.8 %.



Figura 3. Especialización de las entidades federativas en la industria automotriz por su valor agregado. Fuente: Censos económicos 2019.

La figura 3 muestra con mayor claridad la especialización de las entidades federativas en la industria automotriz en función de su aportación al valor agregado de los estados, y se puede observar que prácticamente las entidades federativas que se encuentran ubicadas en el Bajío de México, son las que tienen una mayor especialización en las actividades de la industria automotriz. Es decir, Aguascalientes, Guanajuato y San Luis Potosí se encuentran relativamente cerca unas de otras y tienen un corredor industrial de la industria automotriz, aunado al estado de Puebla que se encuentra también en el centro del país y del estado de Coahuila, que se encuentra al noreste de México, pero relativamente cercanos ambas entidades federativas a los estados que se localizan en el Bajío del país. Además, tres de las cinco entidades federativas que aportan entre el 14.7 % y el 21.5 % de las actividades de la industria automotriz al valor agregado, están relativamente cerca de los cinco estados que tienen la

mayor participación (Querétaro, Morelos y Tlaxcala); incluso el estado de Querétaro también se encuentra en el corredor de la industria automotriz del Bajío.

<i>Municipio</i>	<i>Porcentaje</i>
Villa de Reyes, San Luis Potosí	7.9
Saltillo, Coahuila.	6.2
Aguascalientes, Aguascalientes	5.7
Toluca, Estado de México	4.9
Ramos Arizpe, Coahuila	4.2
Hermosillo, Sonora	4.0
Ciudad Juárez, Chihuahua	4.0
Silao de la Victoria, Guanajuato	3.9
Cuatlancingo, Puebla	3.8
Pesquería, Nuevo León	3.2
San José Chiapa, Puebla	3.0
Celaya, Guanajuato	2.8
San Luis Potosí, San Luis Potosí	2.4
Tianguistenco, Estado de México	2.2
El Salto, Jalisco	2.1
El Marqués, Querétaro	1.9
Chihuahua, Chihuahua	1.7
Mexicali, Baja California	1.7
Tijuana, Baja California	1.6
Apodaca, Nuevo León	1.6

Tabla 12. Los 20 municipios que mayor valor agregado generan en la industria automotriz. Fuente: Censos económicos 2019.

La tabla 12 muestra los 20 municipios de la República mexicana que aportan el mayor valor agregado que se genera en la industria automotriz. Dentro de los tres primeros lugares se encuentran dos municipios que se localizan en el Bajío de México (Villa de Reyes, San Luis Potosí y Aguascalientes, Aguascalientes), los cuales, en conjunto, aportan el 13.6 % del valor agregado de la industria automotriz. Sin embargo, si consideramos la totalidad de los municipios, 6 de

los 20 municipios se encuentran localizados en el Bajío de México (Villa de Reyes, Aguascalientes, Silao de la Victoria, Celaya, San Luis Potosí, El Marqués), los cuales en conjunto aportan al valor agregado de la industria automotriz el 24.6 %, de ahí la importancia que tiene la industria automotriz para la economía de los estados que se localizan en el Bajío de México.



Figura 4. La industria automotriz por municipio. Fuente: Censos económicos 2019.

En la figura 4 se puede apreciar mejor la localización de los 20 municipios que mayor valor agregado generan en la industria automotriz. Es factible observar que la mayoría de los municipios se localizan en las entidades federativas del centro del país y, particularmente, los municipios que tienen un mayor nivel de aportación del valor agregado se encuentran en el Bajío de México; de ahí la importancia que tiene la industria automotriz para los estados que se localizan en esta región. Además, las distancias entre los diversos municipios que se localizan en el centro del país son relativamente cortas, y se cuenta con excelentes vías de comunicación que los conectan entre sí; esto facilita el crecimiento y desarrollo de la industria automotriz, porque la mayoría de las empresas manufactureras que integran la cadena de proveeduría están relativamente cercanas a los centros de producción.

Lean manufacturing en la industria automotriz de México

El *lean manufacturing* nació en las empresas manufactureras de la industria automotriz de Japón, particularmente, en Toyota Motor Company, y se le considera como un conjunto de prácticas y técnicas que permiten incrementar significativamente los beneficios de las organizaciones, a través de la eliminación de los residuos industriales, la reducción de los costos de producción y la mejora de la calidad de los productos (Nassereddine y Wehbe, 2018). Por lo tanto, la eliminación de los residuos industriales y la mejora continua son considerados como dos elementos básicos del *lean manufacturing*, ya que los sistemas de producción de las empresas manufactureras que han adoptado e implementado el *lean manufacturing*, se caracterizan esencialmente por la flexibilidad y por la responsabilidad en la reducción de los niveles de residuos (Wilson *et al.*, 2009).

Adicionalmente, el *lean manufacturing* es considerado por investigadores, académicos y profesionales de la industria co-

mo un modelo alternativo viable a los modelos tradicionales de manufactura (Hayes, 1981), ya que esta nueva estrategia empresarial puede ser adoptada e implementada no solamente en las empresas manufactureras de la industria automotriz, sino también en cualquier tipo y tamaño de empresa manufacturera de diferentes sectores (Katayama y Bennett, 1996). Asimismo, existe en la literatura una diversidad de principios del *lean manufacturing*, aunque todos ellos tienen el mismo objetivo de la eliminación de los residuos industriales y de las actividades que no generan valor a los productos, por lo cual las organizaciones no solo tienen que mejorar y eficientar sus procesos de producción, sino también buscar materias primas y materiales que sean más sustentables.

Además, las distintas actividades del *lean manufacturing* están relacionadas unas con otras y las empresas manufactureras de la industria automotriz tienen que integrarlas en un solo sistema, para lograr los objetivos de la eliminación de los desperdicios industriales, la reducción de los costos de producción y la mejora del rendimiento empresarial (Liker, 2004). En este sentido, Shah y Ward (2003) encontraron 15 actividades esenciales del *lean manufacturing*, entre las más importantes se encuentran el Six sigma, la gestión visual, pensando en A3, Kanban y Justo a tiempo. Estas 5 actividades permiten un mayor nivel de flexibilidad al *lean manufacturing*, ya que generalmente incluyen la eliminación de aquellas actividades que no generan valor, la resiliencia en los equipos de trabajo multifuncionales, la mejora continua de los procesos de producción y la integración de todos los proveedores que participan en la cadena de proveeduría (Nassereddine y Wehbe, 2018).

En este sentido, el *lean manufacturing* debe ser considerado por las empresas de la industria automotriz no solo como una estrategia que permite la reducción de costos a través de la reducción en los tiempo de trabajo y de los inventarios de los materiales y productos, sino más bien como una estrategia de crecimiento de las organizaciones en el largo plazo (Nassereddine y Wehbe, 2018). Sin embargo, la dificultad que tiene un elevado porcentaje de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México para competir en los mercados nacionales e internacionales, está generando que este tipo de empresas adopten un sistema tradicional de manufactura, ya que la implementación del *lean manufacturing* les implica la realización de diversos cambios al interior de las organizaciones, los cuales comúnmente son considerados, por algunas empresas manufactureras, como barreras que frenan su proceso de adopción (Nassereddine y Wehbe, 2018).

Bajo este contexto, la adopción e implementación del *lean manufacturing* en las empresas manufactureras de la industria automotriz depende de algunos factores básicos, tales como el liderazgo, eficiencia en la gestión, la disponibilidad de financiamiento, las habilidades y experiencia de los gerentes, así como una cultura organizacional fuerte que mejore la eficiencia en las organizaciones (Balle, 2005; Nordin *et al.*, 2010; Chaisorn y Lila, 2011). Así, en uno de los primeros estudios publicados en la literatura de la manufactura, Radnor *et al.*, (2006) analizaron las barreras que enfrentan las empresas manufactureras al momento de adoptar e implementar el *lean manufacturing*, y encontraron tres barreras fundamentales: capital humano, operacional y sustentabilidad.

En un estudio posterior, Alexon (2007) analizó las empresas manufactureras en Europa y encontró tres barreras fundamentales al momento de adoptar e implementar el *lean manufacturing*: recursos, gestión y organización. La limitación de recursos está relacionada principalmente con el capital humano, las habilidades, las finanzas y las materias primas y materiales, mientras que las limitaciones de gestión se refieren esencialmente a la falta de apoyo en la gestión por parte de la alta gerencia, de visión de futuro de la gerencia y de una visión holística de la totalidad de la organización. Y las limitaciones de la organización se refieren particularmente a la jerarquía existente en la empresa, la estructura organizacional y falta de flexibilidad de las empresas manufactureras.

En otro estudio publicado con posterioridad, Pingyu y Yu (2010) analizaron la adopción del *lean manufacturing* en las empresas manufactureras de China, y encontraron tres barreras esenciales: la resistencia de los empleados al cambio, la percepción que tiene la gerencia sobre los beneficios generados por el *lean manufacturing* y la falta de habilidades de los empleados en las actividades del *lean manufacturing*. La resistencia de los empleados se debe básicamente al miedo que tienen de perder su empleo como una medida para reducir los costos en las organizaciones, mientras que los gerentes tienen una mala percepción de los diversos beneficios que brinda el *lean manufacturing*, ya que consideran que el retorno de la inversión se obtendrá a largo plazo; y, con respecto a la falta de habilidades de los empleados, las empresas tienen que motivar a sus trabajadores para que aprendan nuevas habilidades que adicionen valor a los productos y a la organización en su conjunto.

Por su parte, Sahwan *et al.*, (2012) analizaron la implementación del *lean manufacturing* en las empresas manufactureras de Malasia, y encontraron dos barreras básicas: la falta de beneficios y la falta de una forma sistemática de im-

plementación, las cuales están muy relacionadas con las barreras tecnológicas y financieras. Además, Dora y Kumar (2016) encontraron que los aspectos culturales y financieros son los que propician las barreras a la implementación del *lean manufacturing*, ya que estos dos aspectos generan barreras de la falta de los recursos necesarios para su adopción, así como la falta de entrenamiento que restringe el desarrollo de habilidades de los empleados, las cuales comúnmente generan una resistencia al cambio por parte de los empleados.

Finalmente, en un estudio más reciente realizado en la industria manufacturera de Líbano, Nassereddine y Wehbe (2018) encontraron que la falta de planeación y de conocimiento de las necesidades y requerimientos de los clientes, son las dos principales barreras que frenan la adopción e implementación de las actividades del *lean manufacturing*. Sin embargo, la mayoría de los estudios coinciden en que la resistencia al cambio y los cambios en los requerimientos y necesidades de los clientes, son las dos principales barreras que frenan la implementación del *lean manufacturing* en las empresas manufactureras asentadas en los países en vía de desarrollo y de economía emergente, como es el caso de México. Por ello, los estudios futuros se tienen que centrar en estos dos aspectos para proporcionar evidencia empírica que mejore esta situación.

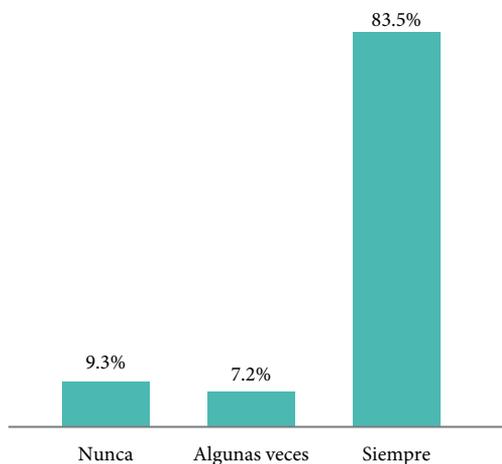


Gráfico 6. Cuenta con un sistema de justo a tiempo. Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la implementación del *lean manufacturing* en las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, se analizará por separado cada uno de los 5 factores que integran las actividades del *lean manufacturing*; iniciando con las Prácticas técnicas esbeltas (Technical Lean Practices), las cuales fueron medidas a través de cinco ítems, y se generó una pregunta llamada *Prácticas técnicas esbeltas* con la media aritmética de los cinco ítems. Los gráficos que se muestran a continuación presentan el grado de importancia que tienen para las empresas manufactureras de la industria automotriz de México.

En el gráfico 6 se observa que el 83.5 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, sí cuentan con un sistema de Justo a tiempo, mientras que 7.2 % de las empresas algunas veces lo utilizan y solamente el 9.3 % no cuenta con un sistema de este tipo. Por lo tanto, es posible establecer que, de acuerdo con los resultados encontrados, un poco más de 8 de cada 10 empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México tienen perfectamente establecido un sistema de justo a tiempo como una de las prácticas esenciales del *lean manufacturing*; mientras que solamente 1 de cada 10 empresas no cuenta con un sistema de este tipo, lo cual permite concluir que esta es una de las barreras que frenan o impiden la adopción e implementación del *lean manufacturing*.

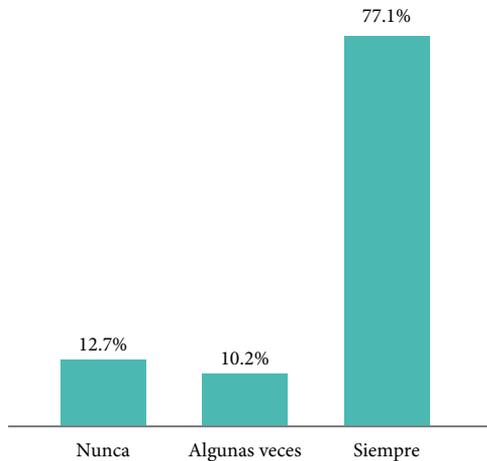


Gráfico 7. Cuenta con un programa de mantenimiento preventivo total (TPM). Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 7 muestra que el 77.1 % de las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México sí cuentan con un programa de mantenimiento preventivo total, mientras que el 10.2 % lo utilizan en ocasiones y solamente el 12.7 % no tienen ningún programa de este tipo. Por lo tanto, es posible establecer que, de acuerdo con la información recabada, alrededor de 8 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México tienen totalmente establecido un programa de mantenimiento preventivo total de su maquinaria y equipo, como una de las prácticas fundamentales del *lean manufacturing*; mientras que solamente un poco más de 1 de cada 10 empresas no tienen ningún programa de mantenimiento preventivo, lo cual permite concluir que esta es una de las barreras que frenan la implementación del *lean manufacturing*.

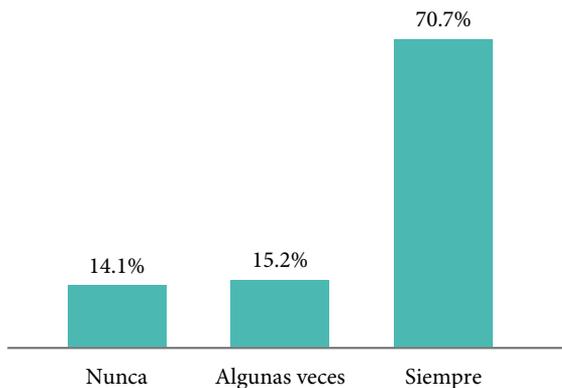


Gráfico 8. Cuenta con equipo y tecnología de automatización. Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 8 indica que el 70.7 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México cuentan con equipo y tecnología de automatización, el 15.2 % de las empresas algunas veces han contado con este tipo de equipo y tecnología, mientras que el 14.1 % de las empresas nunca la han tenido. Por lo tanto, es posible establecer que, de acuerdo con la información obtenida, 7 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México siempre han tenido equipo y tecnología de automatización; mientras que solamente un poco más de 1 de cada 10 empresas manufactureras nunca han contado con este tipo de equipo y tecnología, lo cual permite concluir que no han adoptado el *lean manufacturing*.

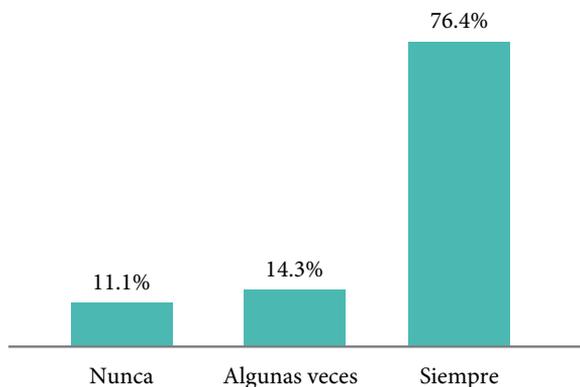


Gráfico 9. Cuenta con un mapeo de flujo de valor (vsm). Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al mapeo de flujo de valor, en el gráfico 9 es posible observar que el 76.4% de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí cuentan con este tipo de prácticas, el 14.3% algunas veces han contado con este tipo de prácticas, mientras que solamente el 11.1% de las empresas nunca han tenido este tipo de prácticas del *lean manufacturing*. Por lo tanto, es posible establecer que, de acuerdo con la información que se recabó, alrededor de 8 de cada 10 empresas manufactureras que pertenecen a la industria automotriz de México siempre han tenido un mapeo de flujo de valor como parte de las prácticas del *lean manufacturing*; y solamente 1 de cada 10 empresas nunca lo ha tenido, lo cual pudiera representar una de las diversas barreras para la adopción de las prácticas del *lean manufacturing* en la industria automotriz de México.

En lo concerniente a la implementación de un programa de mejora continua, el gráfico 10 muestra que el 78.1% de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí cuentan con un programa de mejora continua, mientras que el 11.5% de las empresas algunas veces lo han implementado, y solo el 10.4% nunca ha tenido un programa de este tipo. Por lo tanto, es posible establecer que, de acuerdo con la información obtenida, cerca de 8 de cada 10 empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México siempre han contado con un programa de mejora continua como una práctica habitual del *lean manufacturing*; y solamente 1 de cada 10 empresas manufactureras nunca han tenido un programa de mejora continua, por lo cual es posible concluir que aún existen empresas de la industria automotriz de México que se resisten a la adopción e implementación de las prácticas del *lean manufacturing*.

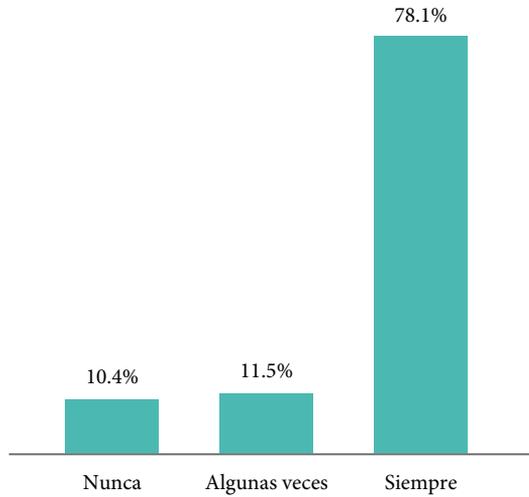


Gráfico 10. Cuenta con un programa de mejora continua (CI). Fuente: Elaboración propia.

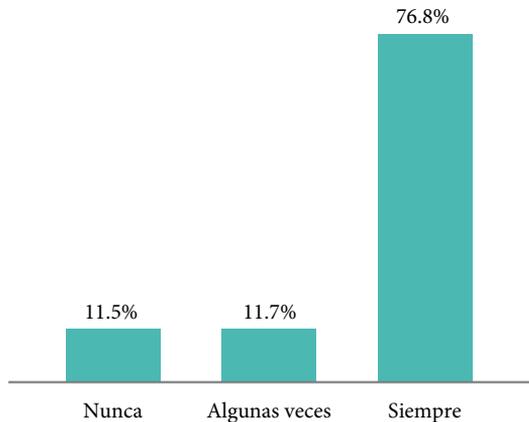


Gráfico 11. Implementa prácticas de técnicas esbeltas (TLP). Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 11 indica que el 76.8 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, siempre han implementado prácticas de técnicas esbeltas, mientras que el 11.7 % de las empresas algunas veces lo han implementado, y solamente el 11.5 % de las empresas nunca han implementado este tipo

de prácticas. Por lo tanto, es posible establecer que, de acuerdo con los resultados encontrados, alrededor de 8 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México han implementado prácticas de técnicas esbeltas; y solo 1 de cada 10 empresas no lo ha hecho.

Los gráficos anteriores permiten concluir, en términos generales, que la implementación de las actividades del *lean manufacturing* no está presente en la totalidad de las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México, pues solo en 8 de cada 10 sí se han adoptado este tipo de actividades. No cabe la menor duda que las grandes empresas armadoras de vehículos y sus principales proveedores son las empresas que han tenido que adoptar e implementar las prácticas del *lean manufacturing*, pero probablemente sean las pequeñas empresas que integran la cadena de proveeduría de la industria automotriz, las que aún no han integrado en sus sistemas productivos las prácticas del *lean manufacturing*, lo cual las hace menos competitivas a nivel nacional e internacional.

El segundo factor de las prácticas del *lean manufacturing* que se está implementando en las empresas de la industria automotriz de México son las Prácticas Humanas Esbeltas (HLP), las cuales fueron medidas por medio de 5 ítems; y se generó una pregunta llamada «Prácticas Humanas Esbeltas» con la media aritmética de los cinco ítems. Los gráficos que se presentan a continuación muestran el grado de importancia que tienen este tipo de prácticas para las empresas manufactureras de la industria automotriz de México.

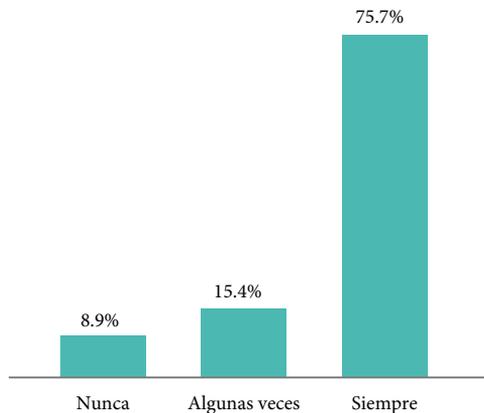


Gráfico 12. Cuenta con un programa de desarrollo de habilidades. Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 12 es posible observar que el 75.7% de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí cuentan con un programa de desarrollo de habilidades para su personal, mientras que el 15.4% de las empresas algunas veces han contado con un programa de este tipo, y solamente el 8.9% nunca lo han tenido. Así, es posible establecer que, de acuerdo con los resultados encontrados, alrededor de 8 de cada 10 empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México sí cuentan con un programa de desarrollo de habilidades como parte de las actividades de *lean manufacturing*, mientras que alrededor de 1 de cada 10 empresas aún no han adoptado este tipo de sistema.

Con respecto a los programas de trabajo en equipo y colaboración, el gráfico 13 muestra que el 73.7% de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí cuentan con un programa de este tipo, el 16.3% algunas veces han contado con un programa de esta índole y solamente el 10% de las empresas nunca han contado con un programa de trabajo en equipo y colaboración. Así, es posible establecer que, de acuerdo con los resultados obtenidos, solamente 7 de cada 10 empresas manufactureras que pertenecen a la industria automotriz cuentan con un programa de trabajo en equipo y colaboración como parte de las prácticas del *lean manufacturing*; pero lo que más sorprende es que 1 de cada 10 empresas no tengan este tipo de programa, lo cual revela la inexistencia de la adopción de las prácticas del *lean manufacturing*.

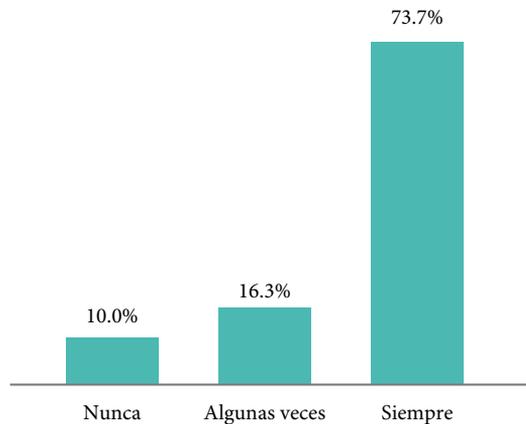


Gráfico 13. Cuenta con un programa de trabajo en equipo y colaboración. Fuente: Elaboración propia.

En lo referente a los programas de comportamiento y compromiso, el gráfico 14 indica que el 74 % de las empresas que pertenecen a la industria automotriz de México sí cuentan con un programa de este tipo, mientras que el 14.1 % algunas veces han tenido con un programa de esta índole y solamente el 11.9 % de las empresas nunca han contado con un programa de comportamiento y compromiso. Por ello, es posible establecer que, de acuerdo con los resultados encontrados, solamente 7 de cada 10 empresas de la industria automotriz de México tienen un programa de comportamiento y compromiso para su personal como parte de las prácticas del *lean manufacturing*; pero lo que sorprende es que 1 de cada 10 empresas no cuente con este tipo de actividades del *lean manufacturing*, lo cual permite concluir que tienen un bajo nivel de competitividad nacional e internacional.

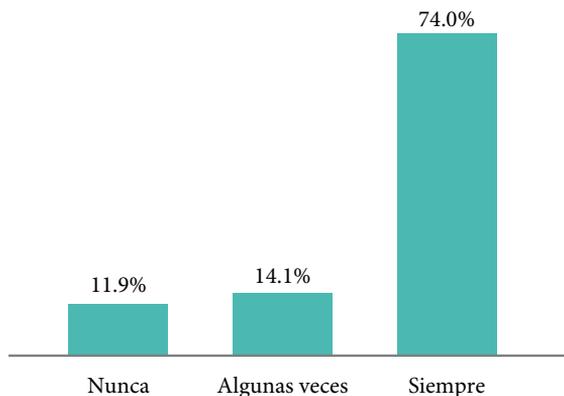


Gráfico 14. Cuenta con un programa de comportamiento y compromiso. Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 15 se observa que el 72.4 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí cuentan con un programa de gestión y liderazgo para su personal, mientras que el 14.3 % algunas veces han contado con este tipo de programas y solamente el 13.3 % de las empresas nunca han tenido un programa de gestión y liderazgo. Por lo tanto, es posible establecer que, de acuerdo con los resultados encontrados, solo 7 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México tienen un programa de gestión y liderazgo como parte de las actividades del *lean manufacturing*. El resto de las empre-

sas aún no adoptan el *lean manufacturing* como estrategia empresarial, lo cual las pone en desventaja en relación con las empresas que ya lo han implementado.

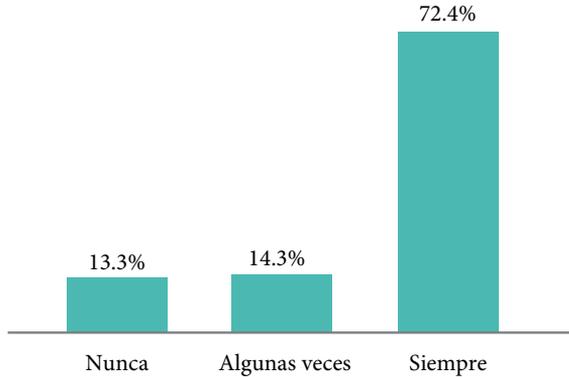


Gráfico 15. Cuenta con un programa de gestión y liderazgo. Fuente: Elaboración propia.

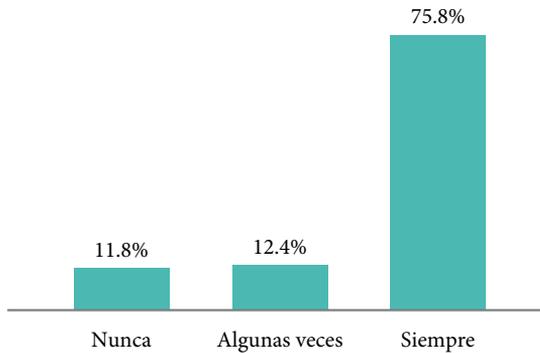


Gráfico 16. Cuenta con un programa de estructura y organización. Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 16 indica que el 75.8 % de las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México siempre han contado con un programa de estructura y organización de su personal, el 12.4 % de las empresas algunas veces han contado con un programa de esta índole, y solo el 11.8 % de las empresas nunca ha tenido un programa de estructura y organización. Por lo tanto, es posible establecer que, de acuerdo con los resultados que se obtuvieron, alrededor de 8 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México cuentan con un programa de estructura y organización como parte

del *lean manufacturing*. Pero lo que más sorprende es que 2 de cada 10 empresas no hayan adoptado e implementado las prácticas del *lean manufacturing*, cuando es una exigencia a nivel global para incrementar su nivel de competitividad y reducir los costos de producción.

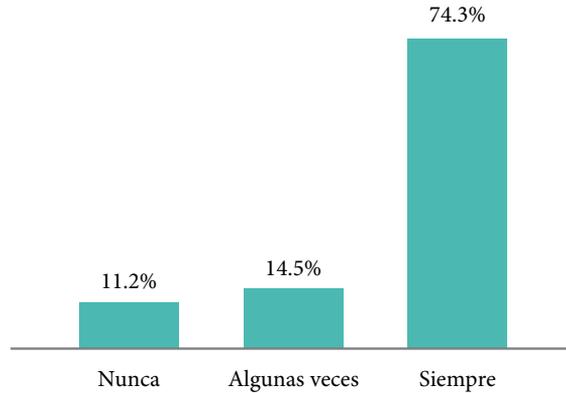


Gráfico 17. Implementación de prácticas humanas esbeltas (HLP). Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la implementación de prácticas humanas esbeltas, el gráfico 17 muestra que el 74.3 % de las empresas manufactureras que integran a la industria automotriz de México sí implementan este tipo de prácticas como parte del *lean manufacturing*, mientras que el 14.5 % de las empresas en algunas ocasiones lo han implementado, y solamente el 11.2 % de las empresas manufactureras nunca ha implementado las prácticas humanas esbeltas. Por lo tanto, es posible establecer que, de acuerdo con la información recabada, solo 7 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México implementan las prácticas humanas esbeltas como parte del *lean manufacturing*, mientras que 3 de cada 10 no tiene este tipo de prácticas del *lean manufacturing*.

Los gráficos anteriormente presentados permiten concluir, en términos generales, que las prácticas humanas esbeltas aún no se han adoptado e implementado en la totalidad de las empresas manufactureras que pertenecen a la industria automotriz de México, ya que solo en 7 de cada 10 empresas se han implementado este tipo de prácticas, dejando a la cadena de proveeduría en clara desventaja a nivel global, ya que son empresas que generalmente tienen elevados costos de producción y un menor nivel de competitividad. Sin embargo, no cabe la menor duda de la existencia de una fuerte presión por parte de las

grandes empresas armadoras de vehículos para que la totalidad de las empresas manufactureras que integran la cadena de proveeduría, adopten e implementen las prácticas del *lean manufacturing* no solamente como una estrategia empresarial, sino más bien como parte de sus actividades cotidianas, lo cual les permitirá elevar su nivel de competitividad internacional.

El tercer factor que integra las prácticas del *lean manufacturing* que se ha implementado en las empresas manufactureras de la industria automotriz de México son las actividades de la innovación incremental de los procesos de producción, las cuales se midieron a través de 3 ítems. Los gráficos que se presentan a continuación muestran el grado de importancia que tienen este tipo de actividades para las empresas manufactureras de la industria automotriz de México.

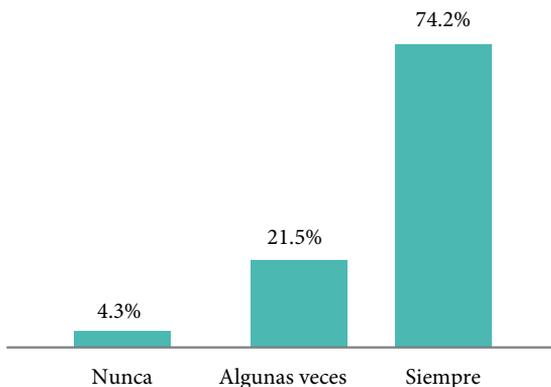


Gráfico 18. Generalmente adopta procesos organizacionales o de tecnología que ya han sido aplicados en otras empresas. Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 18 se observa que el 74.2 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí han adoptado procesos organizacionales o de tecnología que ya han sido aplicados en otras empresas del sector; el 21.5 % de las empresas algunas veces han adoptado este tipo de procesos; y solamente el 4.3 % de las empresas nunca ha adoptado procesos de este tipo. Así, es posible establecer que, de acuerdo con la información que se obtuvo, un poco más de 7 de cada 10 empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México han adoptado estos procesos; pero lo que más llama la atención es que 3 de cada 10 empresas no están convencidas de la importancia que tienen

las prácticas del *lean manufacturing*, aun cuando forman parte de la cadena de proveeduría de la industria automotriz.

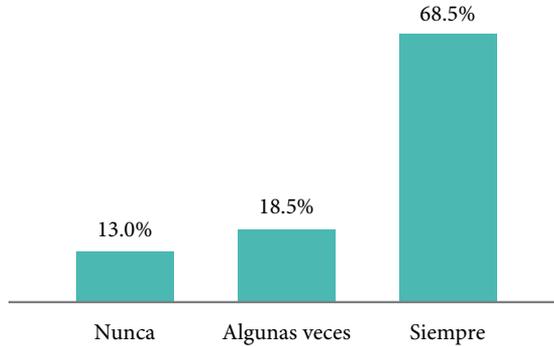


Gráfico 19. Generalmente adopta procesos de compra de insumos o materias primas. Fuente: Elaboración propia.

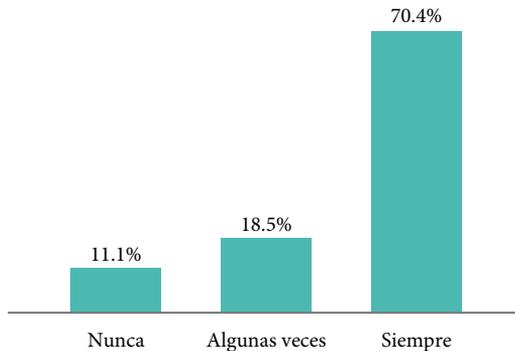


Gráfico 20. Generalmente realiza pocas modificaciones a sus procesos de producción. Fuente: Elaboración propia.

En lo concerniente a la adopción de procesos de compra de insumos y materias primas, el gráfico 19 muestra que el 68.5 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí han adoptado procesos de compra de insumos y materias primas; mientras que el 18.5 % de las empresas algunas veces han adoptado este tipo de procesos, y solo el 13 % de las empresas nunca han adoptado un proceso de esta índole. Así, es posible establecer que, de acuerdo con los datos recabados, alrededor de 7 de cada 10 empresas han

adoptado procesos de compra de insumos o materias primas como parte de las prácticas del *lean manufacturing*; el resto de las empresas aún lo han realizado.

Con respecto a la realización de modificaciones en los procesos de producción, el gráfico 20 indica que solo el 70.4 % de las empresas manufactureras que pertenecen a la industria automotriz de México han realizado modificaciones a sus procesos de producción, el 18.5 % algunas veces han realizado modificaciones y el 11.1 % nunca han realizado modificación alguna a sus procesos de producción. Así, es posible establecer que, de acuerdo con los datos obtenidos, solamente 7 de cada 10 empresas de la industria automotriz de México han realizado alguna modificación a sus procesos de producción como parte de sus prácticas de *lean manufacturing*; mientras que 3 de cada 10 aún no han adoptado estas prácticas.

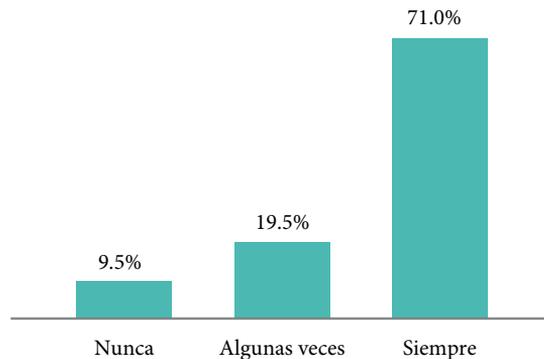


Gráfico 21. Implementa innovaciones incrementales en sus procesos de producción. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en cuanto a la implementación de actividades de innovación incremental en los procesos de producción, en el gráfico 21 se puede observar que solo el 71 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México han implementado innovaciones incrementales en sus procesos productivos; mientras que el 19.5 % de las empresas algunas veces lo han hecho; y el 9.5 % de las empresas nunca ha implementado actividades de este tipo.

Los gráficos presentados anteriormente permiten concluir, en términos generales, que las prácticas de innovación incremental en los procesos de producción como parte del *lean manufacturing*, no se han adoptado e implementado en todas las empresas manufactureras de la industria automotriz de México,

ya que solo en 7 de cada 10 empresas se han adoptado este tipo de prácticas y en las restantes 3 de cada 10 empresas aún no las han adoptado. Así, es posible establecer que son las grandes empresas armadoras de vehículos y las empresas globales las principales proveedoras de la industria automotriz; y son las que han adoptado e implementado innovaciones radicales en sus procesos de producción como parte de las prácticas del *lean manufacturing*, dejando a la mayoría de las pequeñas empresas que integran la cadena de proveeduría con un nivel competitivo a nivel global más bajo, ya que son estas empresas las que aún no han implementado las prácticas del *lean manufacturing*.

El cuarto factor que integra las prácticas del *lean manufacturing* que se ha implementado en las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México son las actividades de la innovación radical de los procesos de producción, las cuales se midieron a través de 3 ítems. Los gráficos que se presentan a continuación muestran el nivel de importancia que tienen este tipo de actividades para las empresas manufactureras de la industria automotriz de México.

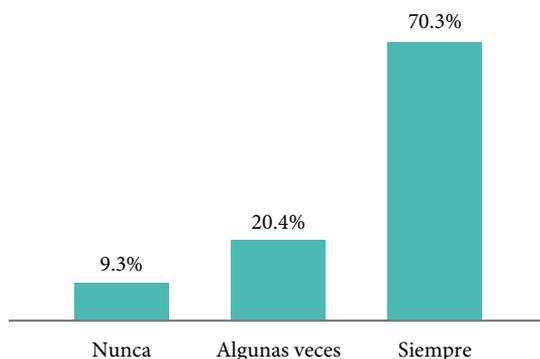


Gráfico 22. Generalmente invierte recursos financieros en investigación y desarrollo para mejorar sus procesos organizacionales y de tecnología. Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 22 indica que el 70.3 % de las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México siempre han invertido recursos financieros en investigación y desarrollo para mejorar sus procesos organizacionales y de tecnología; el 20.4 % de las empresas algunas veces han invertido recursos financieros para este tipo de actividades; y solo el 9.3 % de las empresas nunca han invertido recursos financieros en investigación y desarrollo para mejorar

sus procesos. Por lo tanto, es posible establecer que, de acuerdo con los resultados obtenidos, solamente 7 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México han invertido recursos financieros en investigación y desarrollo para mejorar sus procesos, como parte de las actividades del *lean manufacturing*; el resto de las empresas manufactureras aún no han adoptado las prácticas del *lean manufacturing*.

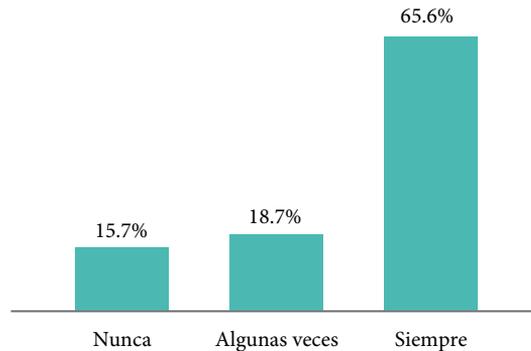


Gráfico 23. Generalmente invierte recursos financieros en la adquisición de nueva tecnología. Fuente: Elaboración propia.

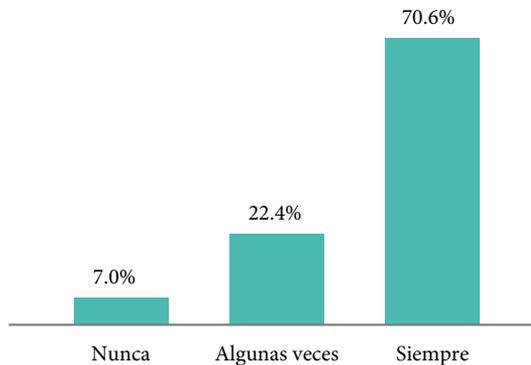


Gráfico 24. Generalmente invierte recursos financieros en mejorar sustancialmente sus procesos de producción. Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la inversión de recursos financieros en la adquisición de nueva tecnología, en el gráfico 23 se observa que el 65.6 % de las empresas ma-

nufactureras de la industria automotriz de México sí han invertido recursos financieros en la adquisición de nueva tecnología; mientras que el 18.7 % de las empresas algunas veces han realizado este tipo de inversión financiera, y solo el 15.7 % nunca ha invertido este tipo de recursos. Por lo tanto, es posible establecer que, de acuerdo con la información recabada, alrededor de 7 de cada 10 empresas manufactureras que integran a la industria automotriz de México han invertido recursos financieros en la adquisición de nueva tecnología, y el resto de las empresas no tiene claro la importancia de las prácticas del *lean manufacturing*.

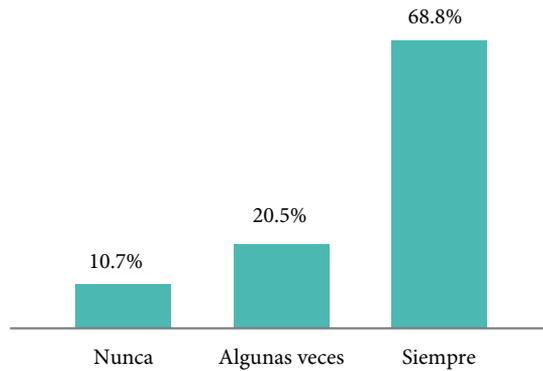


Gráfico 25. Implementa innovaciones radicales en los procesos de producción. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la inversión de recursos financieros en la mejora sustancial de los procesos de producción, el gráfico 24 muestra que solo el 70.6 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México ha realizado este tipo de inversiones, el 22.4 % algunas veces ha invertido en este tipo de recursos financieros y el 7.0 % nunca ha realizado una inversión de este tipo. Por lo tanto, es posible establecer que, de acuerdo con la información obtenida, únicamente 7 de cada 10 empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México han invertido recursos financieros para mejorar sustancialmente sus procesos de producción, mientras que las restantes empresas manufactureras aún no han implementado este tipo de prácticas del *lean manufacturing*.

Por último, en referencia a la implementación de innovaciones radicales en los procesos de producción, el gráfico 25 indica que el 68.8 % de las empresas

manufactureras que integran la industria automotriz de México siempre han implementado este tipo de innovaciones; el 20.5 % de las empresas algunas veces han implementado innovaciones radicales; y solo el 10.7 % de las empresas nunca ha realizado este tipo de innovaciones. Por lo tanto, es posible establecer que, de acuerdo con la información recabada, solamente alrededor de 7 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México han implementado innovaciones radicales en los procesos de producción como parte de las prácticas del *lean manufacturing*, mientras que las restantes empresas aún no han implementado este tipo de prácticas del *lean manufacturing*.

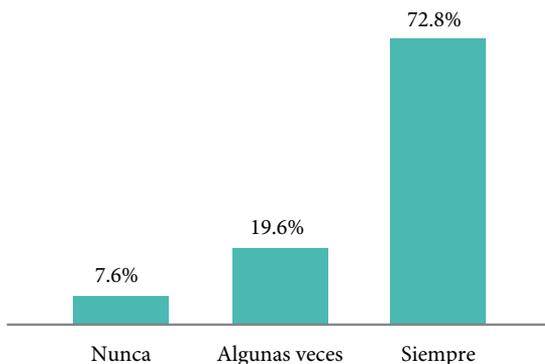


Gráfico 26. Ha reducido significativamente sus costos y la utilización de recursos. Fuente: Elaboración propia.

Los gráficos presentados con anterioridad permiten concluir, en términos generales, que las prácticas de innovación radical en los procesos productivos como parte del sistema del *lean manufacturing* no se han implementado en la totalidad de las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México, ya que solamente en 7 de cada 10 empresas se han implementado este tipo de prácticas. Por ello, es posible establecer que esas 7 empresas que han implementado las prácticas de la innovación incremental son las grandes empresas armadoras de vehículos y los grandes proveedores de estas, ya que generalmente forman parte de corporativos internacionales, en los cuales existe una fuerte presión por la adopción e implementación de las prácticas del *lean manufacturing*, no solamente para reducir significativamente sus cos-

tos de producción, sino también para incrementar su nivel de competitividad y rendimiento organizacional.

El quinto y último factor que integra las prácticas del *lean manufacturing* que se han adoptado e implementado en las empresas manufactureras de la industria automotriz de México son los efectos que tiene el *lean manufacturing* en el rendimiento operacional, que fue medido por medio de 6 ítems. Los gráficos que se presentan a continuación muestran el nivel de importancia que tienen este tipo de actividades para las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México.

En el gráfico 26 es posible observar que el 72.8 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México han reducido significativamente sus costos y la utilización de recursos; mientras que el 19.6 % de las empresas algunas veces lo han hecho; y solo el 7.6 % nunca haN reducido significativamente sus costos y la utilización de recursos. Así, es posible establecer que, de acuerdo con los datos obtenidos, solo 7 de cada 10 empresas han reducido significativamente sus costos y la utilización de recursos, el resto de las empresas aún no han realizado este tipo de prácticas del *lean manufacturing*.

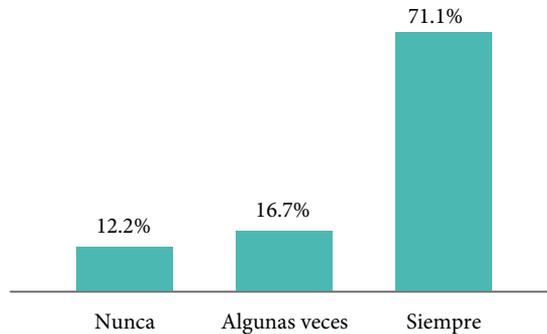


Gráfico 27. Ha reducido significativamente el tiempo de entrega de sus productos. Fuente: Elaboración propia.

En lo concerniente a la reducción del tiempo de espera de entrega de los productos, el gráfico 27 muestra que el 71.1 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí han reducido significativamente el tiempo de entrega de sus productos; el 16.7 % de las empresas algunas veces han reducido el tiempo de entrega; y el 12.2 % de las empresas nunca han reducido el

tiempo de entrega de sus productos. Así, es posible establecer que, de acuerdo con los datos recabados, solamente 7 de cada 10 empresas de la industria automotriz han reducido significativamente el tiempo de entrega de sus productos, como parte de los efectos de las prácticas del *lean manufacturing*; mientras que el resto de las empresas manufactureras aún no lo hace.

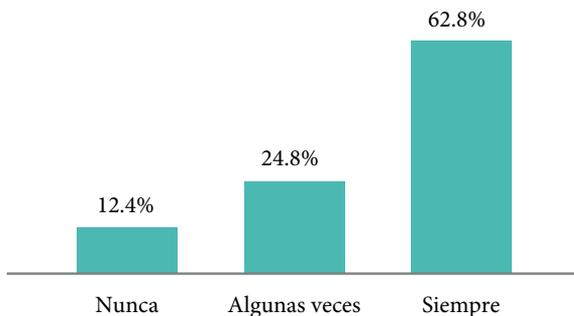


Gráfico 28. Ha aumentado la flexibilidad para incrementar el volumen de inventario. Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la flexibilidad para incrementar el volumen de inventario, el gráfico 28 indica que el 62.8 % de las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México sí han aumentado la flexibilidad para incrementar el volumen de inventario; el 24.8 % de las empresas algunas veces lo han hecho; y solamente el 12.4 % de las empresas nunca han aumentado su flexibilidad. Así, es posible establecer que, de acuerdo con los datos obtenidos, solo 6 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México han aumentado su nivel de flexibilidad para incrementar su volumen de inventario, como parte de los efectos de las prácticas del *lean manufacturing*; mientras que las restantes empresas no han implementado este tipo de prácticas.

En cuanto al aumento significativo de la productividad laboral, en el gráfico 29 se observa que el 65 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México han aumentado significativamente su nivel de productividad laboral; mientras que el 25 % de las empresas algunas veces han aumentado su nivel de productividad; y el 10 % de las empresas nunca han incrementado su nivel de productividad laboral. Así, es posible establecer que, de acuerdo con los datos encontrados, solamente 6 de cada 10 empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México han aumentado significativamen-

te su nivel de productividad laboral como parte de los efectos de las prácticas del *lean manufacturing*. Pero lo más sorprendente es que aún existen 4 de cada 10 empresas manufactureras que no están implementando las prácticas del *lean manufacturing*.

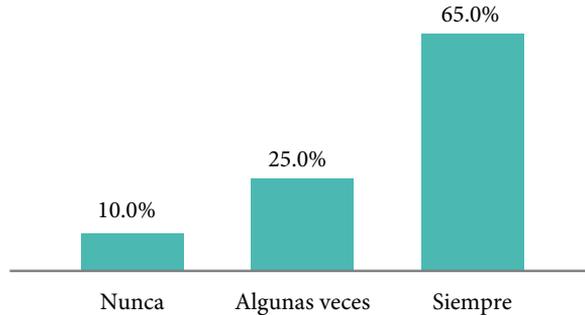


Gráfico 29. Ha aumentado significativamente la productividad laboral. Fuente: Elaboración propia.

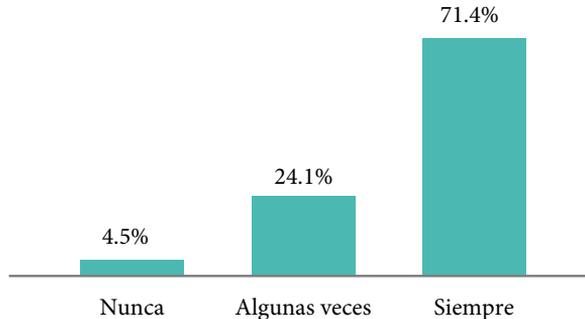


Gráfico 30. Ha aumentado significativamente el nivel de calidad de sus productos. Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 30 se puede observar que el 71.4 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México sí han aumentado significativamente el nivel de calidad de sus productos; el 24.1 % de las empresas algunas veces lo han hecho; y solamente el 4.5 % de las empresas nunca ha aumentado el nivel de calidad de sus productos. Por lo tanto, es posible establecer que, de acuerdo con la información recabada, solamente 7 de cada 10 empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México han aumentado

significativamente el nivel de calidad de sus productos, como parte de los efectos que tienen las prácticas del *lean manufacturing*, mientras que el resto de las empresas no lo han hecho.

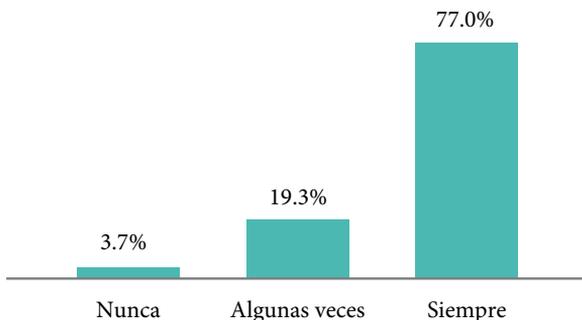


Gráfico 31. Ha aumentado su rendimiento empresarial comparado con el de su principal competencia. Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 31 indica que el 77 % de las empresas manufactureras que integran a la industria automotriz de México sí han aumentado su rendimiento empresarial comparado con el de su principal competencia; mientras que el 19.3 % de las empresas algunas veces han aumentado su nivel de rendimiento empresarial; y solo el 3.7 % de las empresas nunca lo han hecho. Por lo tanto, es posible establecer que, de acuerdo con la información obtenida, únicamente 7 de cada 10 empresas manufactureras de la industria automotriz de México han incrementado su nivel del rendimiento empresarial como parte de los efectos de la implementación de las prácticas del *lean manufacturing*; el resto de las empresas aún no ha implementado el *lean manufacturing* en sus procesos de producción.

Finalmente, el gráfico 32 indica que el 70 % de las empresas manufactureras de la industria automotriz de México han tenido efectos positivos en el rendimiento operacional como parte de la implementación de las prácticas del *lean manufacturing*, mientras que el 21.6 % de las empresas algunas veces han tenido efectos positivos en su nivel de rendimiento operacional y solamente el 8.4 % nunca ha tenido efectos positivos en su nivel de rendimiento. Por ello, es posible establecer que, de acuerdo con la información recabada, 7 de cada 10 empresas manufactureras que pertenecen a la industria automotriz de México han registrado efectos positivos en su nivel de rendimiento operacional,

las cuales son prácticamente las que han implementado las prácticas del *lean manufacturing*.

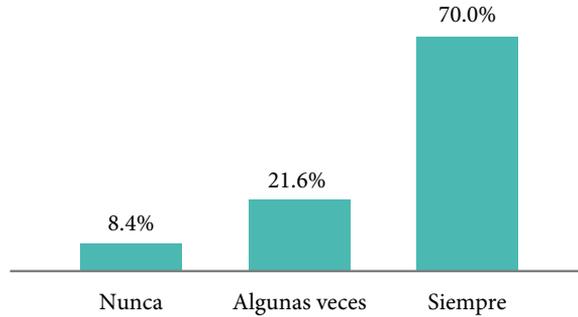


Gráfico 32. Efectos del rendimiento operacional. Fuente: Elaboración propia.

Los gráficos que se presentaron con anterioridad permiten concluir, en términos generales, que prácticamente en la totalidad de las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México que implementaron las prácticas del *lean manufacturing*, se obtuvieron efectos positivos en su nivel de rendimiento operacional, ya que fueron 7 de cada 10 de las empresas manufactureras que así lo manifestaron. En este sentido, no debería extrañar que sean precisamente las grandes empresas armadoras de vehículos y sus principales empresas proveedoras —las cuales generalmente pertenecen a corporativos internacionales— las únicas empresas que han implementado las prácticas del *lean manufacturing* dentro de la industria automotriz; y que la mayoría de las pequeñas empresas que pertenecen a la cadena de proveeduría de la industria automotriz de México, aún tengan dudas de la importancia que tiene la implementación de este tipo de prácticas, pero tendrán que hacerlo, dada la presión que se tiene a nivel global por reducir los costos de producción y los residuos industriales e incrementar el nivel de competitividad de las organizaciones.

En términos generales, como se puede observar en el gráfico 33, solamente un poco más de 7 de cada 10 empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México han adoptado e implementado prácticas de *lean manufacturing*; cerca de 2 de cada 10 empresas manufactureras algunas veces han adoptado e implementado este tipo de prácticas; y solo 1 de cada 10 empresas manufactureras nunca han adoptado e implementado prácticas de *lean ma-*

nufacturing. No cabe la menor duda de que esta situación tendrá que cambiar, ya que hoy en día existe una fuerte presión económica y social, tanto nacional como internacional, para que las empresas manufactureras implementen actividades más sustentables y generen una menor cantidad de residuos industriales. Para ello, una posible solución es la adopción de las prácticas del *lean manufacturing*.

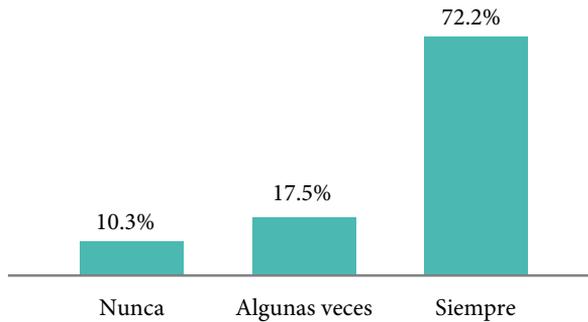


Gráfico 33. Prácticas de *lean manufacturing*. Fuente: Elaboración propia.

Es relativamente fácil de suponer que aquellas 7 de cada 10 empresas manufactureras que pertenecen a la industria automotriz de México que han adoptado e implementado prácticas de *lean manufacturing* son, particularmente, las grandes empresas armadoras de vehículos y las principales empresas proveedoras de insumos, ya que usualmente este tipo de empresas pertenecen a corporativos internacionales que tienen su sede fuera del territorio nacional, y es precisamente ahí donde se toman las decisiones que afectarán a todo el corporativo en general. Asimismo, la cadena de proveeduría de la industria automotriz de México está compuesta por medianas y pequeñas empresas que, en un elevado porcentaje, son las empresas manufactureras que hasta el momento no han tomado la decisión de adoptar e implementar las prácticas del *lean manufacturing*, a pesar de las ventajas que ofrece a las organizaciones.

Sin embargo, la información presentada en todas las gráficas anteriores son simplemente las percepciones que tienen los gerentes de las empresas manufactureras sobre la adopción e implementación de las prácticas del *lean manufacturing* en la industria automotriz, pues la encuesta que se les aplicó recabó información solamente sobre su percepción de una serie de preguntas realizadas. Por ello, existe siempre la posibilidad de que algunos de los gerentes en-

travistados no estuvieran diciendo la verdad sobre la implementación de las prácticas del *lean manufacturing* en la organización, o bien que la información que fue proporcionada a través de la aplicación de la encuesta tenga un componente importante de error, lo cual evidentemente modificaría en mayor o menor proporción los resultados que se han presentado en los gráficos anteriores.

Así, para dar mayor certeza a la información que se ha presentado con anterioridad y los lectores tengan un punto de comparación de estos resultados, se presentarán en el siguiente apartado datos duros y algunos de los resultados más relevantes obtenidos por algunas de las principales empresas armadoras de vehículos que se localizan en México, sobre la adopción e implementación de las prácticas del *lean manufacturing*. Asimismo, se tratará de realizar un análisis y discusión más detallado de la información que se obtuvo de las prácticas del *lean manufacturing* de las principales empresas armadoras de vehículos, tratando en todo momento de vincular la información proporcionada por los gerentes con la información que se localizó en las páginas web de las empresas armadoras de vehículos, para que el lector tenga un panorama general de la importancia de las prácticas del *lean manufacturing* en las empresas manufactureras que integran la industria automotriz de México.



Lean manufacturing en Toyota Motor Corporation

En la literatura de la sustentabilidad y la innovación, diversos investigadores, académicos y profesionales de la industria han demostrado que son cada vez más las organizaciones que han implementado metodologías de mejora continua en sus procesos de producción, de tal manera que les permite no solamente mantener su participación de mercado, sino también mejorar su nivel de productividad en una economía altamente competitiva y dinámica como la que se está viviendo actualmente (Marulanda y González, 2017). Así, entre las distintas metodologías empresariales se encuentra la filosofía del *lean manufacturing*, que permite a las empresas manufactureras, particularmente a las que integran la industria automotriz de México, tanto la optimización de los procesos productivos y de gestión como un incremento sustancial en el nivel del rendimiento empresarial, a partir de la eliminación de los residuos industriales (Omogbai y Salonitis, 2016).

Sin embargo, para la adopción e implementación de la filosofía del *lean manufacturing* en las empresas manufactureras de la industria automotriz, no basta con que así lo decidan los directivos de las organizaciones, sino más bien se requiere de la realización de cambios importantes en la estructura operacional y en la estrategia empresarial, de tal manera que les permita a las empresas las herramientas para su planeación, gestión y control en el largo plazo (Drohomeretski *et al.*, 2014; Gonçalves *et al.*, 2016). Asimismo, la implementación de las actividades del *lean manufacturing* permite a las empresas manufactureras la realización de actividades que generan valor y eficiencia en términos medioambientales y sustentables, lo cual requiere que mejoren la eficiencia de sus procesos productivos al incorporar no solamente materiales que sean más amigables con el medioambiente, sino que también se reciclen los productos una vez que han concluido con su ciclo de vida (Abreu *et al.*, 2017).

Además, la adopción e implementación de las actividades del *lean manufacturing* no genera resultados visibles en el corto plazo, más bien los resultados comienzan a visualizarse en el largo plazo (Norani *et al.*, 2011). De ahí que los directivos de las empresas manufactureras de la industria automotriz tengan que considerar las actividades del *lean manufacturing* no solamente como una estrategia empresarial, sino más bien como parte de las actividades cotidianas del día a día. En este sentido, la primera empresa manufacturera de la industria automotriz que adoptó e implementó las actividades del *lean manufacturing* fue Toyota, la cual ha tenido excelentes resultados en la totalidad de sus plantas ubicadas alrededor del mundo. En los siguientes párrafos se expondrán los resultados más importantes que ha logrado la organización, desde nuestro particular punto de vista.

Para iniciar con el análisis de la información referente a la implementación de la filosofía del *lean manufacturing* en Toyota Motor Corporation, en particular en las plantas ubicadas en México, se presentará, en primer lugar, la información referente a los datos generales de la organización y, posteriormente, se presentará la información referente a los desafíos que tiene la empresa de cara al cumplimiento de sus metas y objetivos de sustentabilidad.

La tabla 13 muestra la información general de la empresa Toyota Motor Company. Se puede observar que esta organización inició sus actividades en el año de 1937 en Japón, de donde es originario el propietario inicial, así como la totalidad del capital, la cantidad de empleados y el número de subsidiarias y

afiliados que tiene alrededor del mundo, lo cual permite establecer que Toyota es considerada como una empresa global.

<i>Nombre de la empresa</i>	<i>Toyota Motor Corporation</i>
Presidente y director representativo	Akio Toyoda
Dirección de la empresa Oficina central Oficina Central de Tokio Oficina de Nagoya	1 Toyota-cho, Toyota City, Prefectura de Aichi, Japón. 1-4-18 Koraku, Bunkyo-ku, Tokio, Japón 4-7-1 Meieki, Nakamura-ku, ciudad de Nagoya, Prefectura de Aichi, Japón
Fecha de fundación	28 de agosto 1937
Capital	635.4 billones de yenes
Principales actividades comerciales	Producción de vehículos automotores
Cantidad de empleados (consolidados)	359 542
Número de subsidiarias (consolidadas)	528
Número de afiliados contabilizados bajo el Método de equidad	72

Tabla 13. Descripción general de Toyota Motor Company. Fuente: Elaboración propia con datos del Environmental Report 2020 de Toyota (información referente a marzo de 2020).

Con respecto a la perspectiva global que tiene la empresa Toyota Motor Company, la tabla 14 muestra información importante sobre la cantidad significativa de plantas que tiene la organización alrededor del mundo, destacando que la mayor parte de la producción de la empresas se genera en sus plantas ubicadas en Asia. Sin embargo, como se puede apreciar en la misma tabla, el porcentaje mayor tanto de empleados como de vehículos producidos se encuentran en las distintas plantas que tiene en Japón; mas no así las ventas de los vehículos producidos, las cuales se concentran particularmente en los países ubicados en América del Norte, entre los que se encuentra México.

Por otro lado, Toyota Motor Company desarrolló un programa llamado Desafío Ambiental Toyota 2050, el cual contempla, en primer lugar, durante la década del 2020 al 2030, la popularización de sus vehículos eléctricos en todos los países donde se ubican sus plantas productivas; y, prácticamente a par-

tir del año 2030, se han planteado el cumplimiento de seis desafíos básicos, los cuales están estrechamente ligados con el Plan de Acción Ambiental, cuyo objetivo esencial es contribuir en la realización de una sociedad más sostenible y sustentable. Así, Toyota es una de las primeras empresas automotrices en la producción de vehículos eléctricos al presentar al público el Prius en 1997, que ha generado unas ventas acumuladas hasta abril de 2018 de un poco más de 12 millones de unidades, contribuyendo con ello a la reducción de las emisiones de CO₂ a nivel global en un poco más de 94 millones de toneladas (Toyota Environmental Report, 2020).

<i>Información</i>	<i>Asia</i>	<i>Europa</i>	<i>Japón</i>	<i>Norte América</i>	<i>Otros</i>
Número de plantas y compañías	26	7	17	13	6
Número de distribuidores	21	29	---	5	114
Número de bases de I+D	4	3	6	3	0
Número de empleados	18 %	6 %	56 %	14 %	6 %
Número de vehículos producidos	17 %	8 %	50 %	20 %	5 %
Ventas totales de vehículos	18 %	12 %	25 %	30 %	15 %

Tabla 14. Perspectiva global de Toyota Motor Company. Fuente: Elaboración propia con datos del Environmental Report 2020 de Toyota (información referente a marzo de 2020).

En este sentido, Toyota Motor Company espera para el año 2030 alcanzar una ventas acumuladas de 5.5 millones de vehículos eléctricos, en los cuales se incluyen las ventas de por lo menos un millón de vehículos eléctricos de batería (BEV) y el resto de vehículos eléctricos de pila de combustible (FCEV), lo cual permitirá una reducción de las emisiones de CO₂ del 35 %, con respecto a las emitidas durante el año 2010. Sin embargo, la empresa Toyota también reconoce que aun cuando la operación de vehículos eléctricos tiene bajas emisiones de contaminantes, las emisiones de CO₂ a la atmósfera durante el proceso de producción de los vehículos eléctricos, son totalmente mayores que las que se generan en la producción de un vehículo de combustibles fósiles de la misma clase, por lo cual es necesario que la organización establezca

objetivos y metas cuantitativas para disminuir los contaminantes en el proceso de producción.

Además, Toyota Motor Company se ha establecido la meta de disminuir significativamente las emisiones de CO₂ en la totalidad de las etapas del ciclo de vida de sus vehículos, las cuales incluyen la producción de materiales y piezas, el montaje de los vehículos, la operación de los procesos de producción, el mantenimiento de las instalaciones y la eliminación de los residuos industriales. Asimismo, la organización ha establecido metas cuantitativas y cualitativas muy claras y concretas que incluyen acciones esenciales para el establecimiento de una sociedad basada en el reciclaje y vivir en armonía con la naturaleza, lo cual podría generar una reducción sustancial en la carga medioambiental y lograr un impacto positivo en la sustentabilidad (Toyota Environmental Report, 2020). La figura que se presenta a continuación resume la información anteriormente presentada y los retos establecidos por la organización.

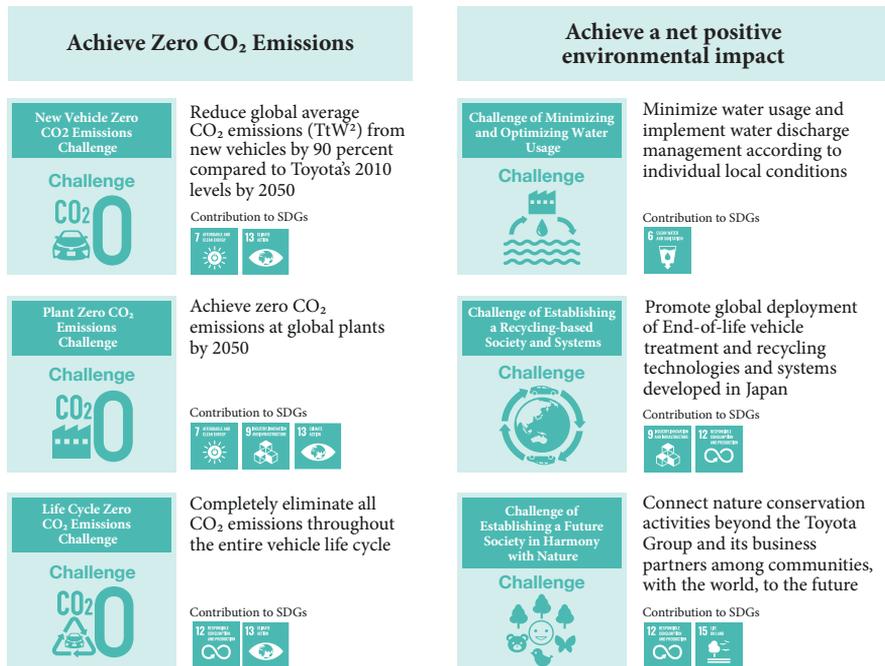


Figura 5. Desafío Ambiental de Toyota Motor Company 2050. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

Toyota Motor Company reconoce la existencia de riesgos y oportunidades en el desarrollo de su programa de Desafío Ambiental Toyota 2050, siendo uno de sus principales riesgos el atribuido al cambio climático, ya que existe un elevado riesgo de desastres naturales debido al clima anormal existente a nivel global, el cual afecta no solamente la sobrevivencia de la organización, sino que también amenaza la vida de las personas y dificulta el desarrollo sostenible. Pero la principal oportunidad con ello es enfrentar estos desafíos para que Toyota mejore significativamente su nivel de competitividad global, lo cual le permitirá no solamente incrementar sustancialmente las ventas de sus vehículos eléctricos que no dañan el medioambiente, sino también reducir las emisiones de gases contaminantes y de CO₂ que generan sus actividades productivas.

Asimismo, Toyota Motor Company ha visualizado la existencia de riesgos reglamentarios, entre los que se encuentran las normas de consumo de combustible y de ahorro de energía, las cuales generalmente conducen a un incremento significativo de los costos de producción y la pérdida de oportunidades de venta de los vehículos, derivado del incumplimiento de las normas medioambientales. Sin embargo, la empresa considera que las ventas de vehículos se pueden incrementar sustancialmente si adecuan sus procesos de producción a los riesgos regulatorios que exigen las autoridades gubernamentales de los distintos países en los que se localizan sus empresas, mediante la realización de los desafíos 1, 2 y 3, los cuales ayudarán a mitigar los riesgos físicos debidos a los cambios climáticos y generarán un mejor nivel de desarrollo sustentable y medioambiental (Toyota Environmental Report, 2020).

Adicionalmente, los riesgos que conlleva la pérdida de la biodiversidad global, derivada del agotamiento de los recursos naturales, tienen un severo impacto en los ecosistemas circundantes de las empresas armadoras de vehículos de Toyota alrededor del mundo. Asimismo, el daño del desarrollo sustentable debido a la pérdida del medioambiente natural de las regiones donde se encuentran sus empresas, hace necesario que la organización tome decisiones y asuma los riesgos necesarios para cambiar esta situación. En este sentido, es prácticamente mediante el desarrollo de los desafíos 4, 5 y 6 que Toyota minimizaría estos riesgos e impactos negativos al medioambiente, lo cual eminentemente contribuiría a la mejora del desarrollo sustentable de cada una de las regiones del mundo donde se localizan sus empresas, incrementando con ello la confianza de los consumidores y las ventas de sus vehículos a nivel global (Toyota Environmental Report, 2020).



Figura 6. Estructura del desafío ambiental de Toyota. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

La evaluación realizada recientemente del Plan de Acción 2050 de Toyota Motor Company, una vez que la organización ha avanzado significativamente en el logro de los seis objetivos planteados inicialmente, indica que los directivos de Toyota incorporaron un nuevo desafío (séptimo) que tendrá que lograrse en el año 2025, tal y como se observa en la figura 6. Este está relacionado estrechamente con los clientes y consumidores de la empresa, para hacerlos más conscientes de la compra y/o utilización de vehículos que no dañen el medioambiente y que sean más amigables con la naturaleza, contribuyendo con ello tanto a la reducción de las emisiones de contaminantes y CO_2 como a la mejora del cambio climático global. En los siguientes párrafos se expondrán los puntos y resultados más sustanciales de cada uno de los seis desafíos de Toyota Motor Company.

Desafío 1: Producción de Vehículos Cero Emisiones de CO_2

Convencidos de que los vehículos eléctricos contribuyen sustancialmente a la sociedad solo cuando se utilizan ampliamente, Toyota Motor Company está implementando tecnologías más limpias que permiten reducir significativamente los niveles de emisión de CO_2 y los residuos industriales en la producción de vehículos eléctricos híbridos (HEV), vehículos híbridos enchufables (PHEV), vehículos eléctricos de baterías (BEV) y vehículos eléctricos de celda de combustible (FCEV). Además, la organización cuenta con un programa de desarrollo de proveedores, lo cual le permite desarrollar la infraestructura necesaria para que todas las empresas manufactureras que integran su cadena de proveeduría respalden la adopción e implementación las actividades del *lean manufacturing* que le permitan lograr la producción de este tipo de vehículos.

La meta central de Toyota Motor Company es lograr unas ventas globales de 5.5 millones de vehículos eléctricos, incluidos en ellos al menos un millón

de BEV y FCEV de emisiones cero para el año 2030. Asimismo, a partir del año 2020 se incrementará tanto la producción como las ventas de los vehículos BEV, iniciando en el mercado de China, y posteriormente se ampliará a los demás países del orbe. Más adelante, se incrementará la producción y venta de las líneas de vehículos FCEV y PHEV durante la década de 2020 a 2030, tal y como lo muestra el gráfico 34. Finalmente, con respecto a los vehículos HEV, la empresa tiene contemplado incrementar sustancialmente la eficiencia del THS II, mientras se desarrollan varios tipos de sistemas híbridos con versiones más potentes y simplificadas, lo cual permitirá la ampliación de la línea de vehículos.

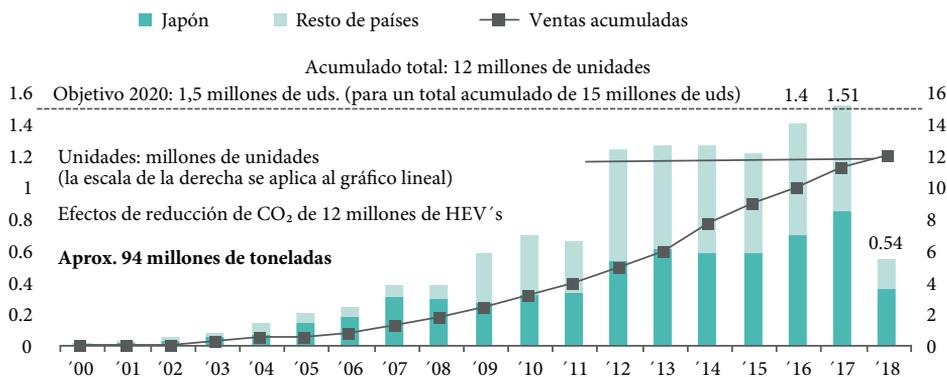


Gráfico 34. Ventas anuales de HEV y ventas acumuladas (globales). Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

El gráfico 35 muestra las ventas globales de vehículos eléctricos de Toyota. Se observa un crecimiento importante en la venta de vehículos híbridos eléctricos (HEV) en los tres años analizados, los cuales pasaron de 1.466 millones de vehículos en el año 2017 a 1.864 millones de vehículos en el año 2019, cumpliendo con ello el objetivo trazado de la organización de superar el 1.5 millones de vehículos eléctricos. Sin embargo, las ventas globales de vehículos eléctricos Plug-in (PHEV) mostraron una reducción en el año 2018, al pasar de 0.51 millones de vehículos en el año 2017 a 0.46 millones en el año 2018, pero en el año 2019 las ventas se incrementaron levemente para llegar a 0.56 millones de unidades.

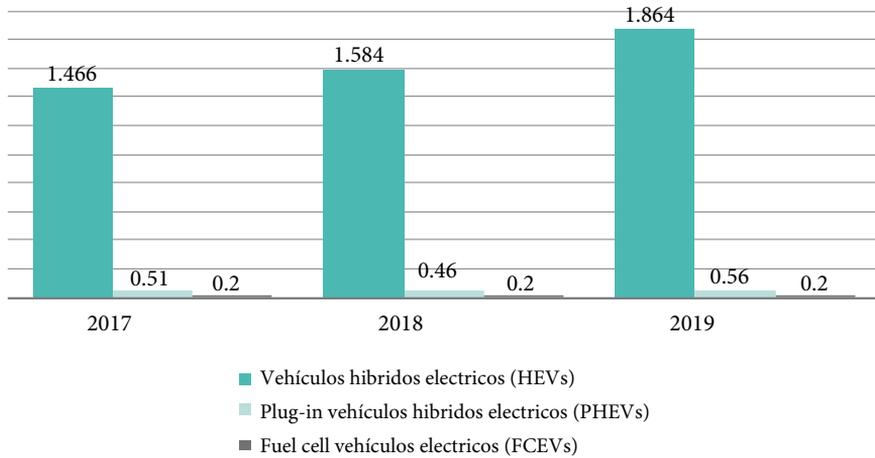


Gráfico 35. Ventas globales de vehículos eléctricos (millones de vehículos). Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

Unidad: millones de vehículos (el gráfico de la línea discontinua se mide con la escala de la derecha)

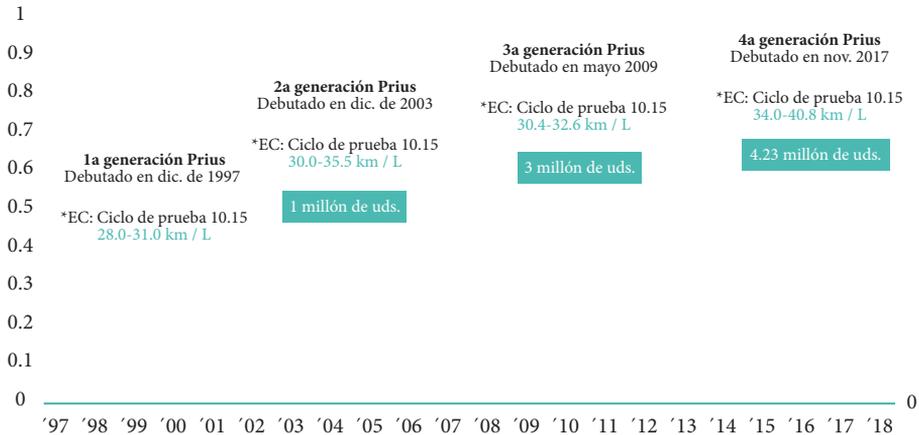


Figura 7. Ventas de vehículos Prius. Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

En diciembre de 1997 se lanzó al mercado el automóvil Prius de Toyota Motor Company, el cual transformó la manera en que la organización fabricaba automóviles, que tenía como objetivo trascendental reducir los impacto ne-

gativos al medioambiente y aprovechar adecuadamente los recursos naturales, a través de la mejora significativa de la eficiencia del combustible, aproximadamente al doble que los vehículos de gasolina de la misma clase de vehículos que existían en ese momento. Además, fue uno de los primeros vehículos eléctricos híbridos no solo presentado al mercado, sino también de los fabricados por Toyota Motor Company. Este fue el primer paso para que se convirtiera en una tendencia mundial hacia el uso generalizado de vehículos eléctricos, convirtiéndose actualmente en un ícono de la industria automotriz, al superar el Prius de la cuarta generación con unas ventas mundiales de 4.23 millones de unidades, tal y como lo señala la figura 7.

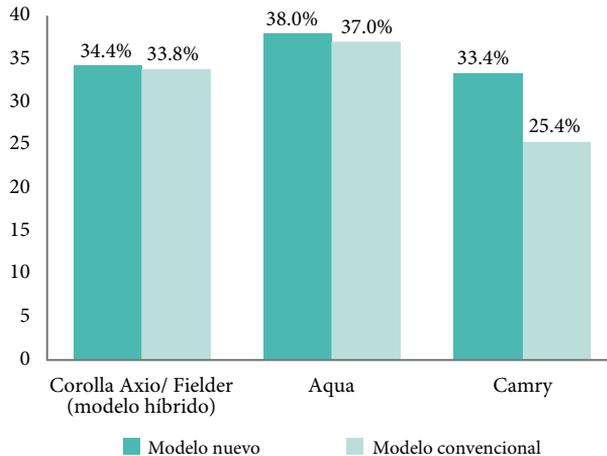


Gráfico 36. Comparación de la eficiencia de combustible de los nuevos modelos y los modelos convencionales. Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

El gráfico 36 establece la comparación de la eficiencia de combustible entre los modelos nuevos y los modelos antiguos que se produjeron en 2018 en las plantas ubicadas en Japón. Se puede observar que los tres modelos de los vehículos nuevos (Corolla, Aqua, Camry)¹ tienen una mejor eficiencia de combustibles que los modelos anteriores; principalmente el modelo Aqua, cuyo

¹ Los valores de la eficiencia de combustible se basan en el ciclo de prueba JCO8 verificado por el Ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo de Japón. El promedio de emisiones de CO₂ (g/km) de vehículos nuevos en cada año, basado en el valor de la eficiencia de combustibles (emisiones de CO₂), certificados por la autoridad nacional de Japón.

modelo nuevo registró un 38 % de eficiencia en el combustible, mientras que el modelo antiguo tenía una eficiencia del 37 % del combustible. Sin embargo, el modelo Camry es el que registró un incremento mayor en la eficiencia de combustible, al registrar el modelo nuevo un 33.4 % de eficiencia y el modelo antiguo, 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 cual contribuye al logro de los objetivos y metas establecidas por Toyota Motor Company para mejorar significativamente el nivel del medioambiente y el desarrollo sustentable.

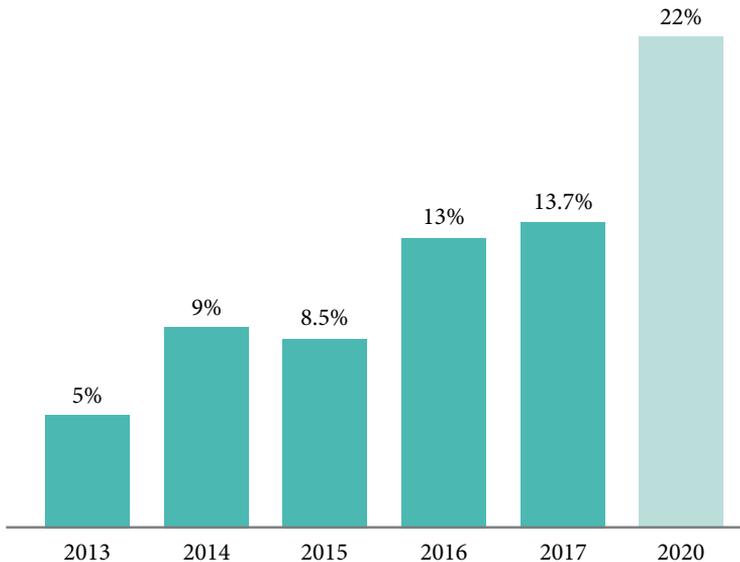


Gráfico 37. Emisiones anuales globales de CO₂. Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

Con respecto a las emisiones de CO₂, Toyota Motor Corporation tiene como meta esencial reducir el promedio mundial de emisiones de CO₂ de los vehículos nuevos que producirá en un poco más de 22 % para el año 2020, tal y como lo muestra el gráfico 35. Asimismo, la organización mejorará aún más el rendimiento de los vehículos eléctricos y tratará de expandir su uso con el desarrollo y despliegue de trenes de potencia con alto rendimiento medioambiental, el cual prácticamente se basa en una plataforma de nueva generación

conocida como TnGA², la cual tiene como objetivo fundamental mejorar el rendimiento de los vehículos eléctricos, a través de una mayor potencia y disminución en el uso de la energía que requieren los vehículos, lo cual podría permitir a la empresa incrementar significativamente sus ventas a nivel mundial.

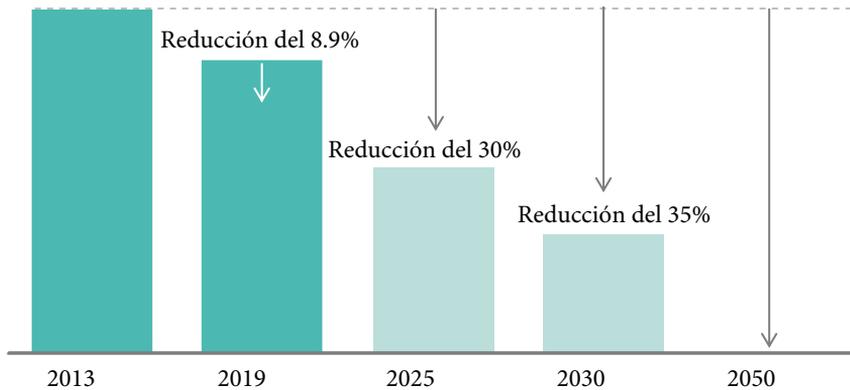


Gráfico 38. Porcentaje de emisiones globales de CO₂. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

En lo referente al porcentaje de las emisiones globales de CO₂, el gráfico 38 muestra que la empresa Toyota Motor Corporation logró una reducción significativa de las emisiones totales de CO₂ a nivel mundial, al reducir en términos generales el 8.9 % el total de sus emisiones del año 2013 al año 2019. Se espera que las emisiones de CO₂ disminuyan para el año 2025 en un 30 %, y que para el año 2050 disminuyan en más de un 50 %, lo cual permitiría que la organización logre los objetivos y metas trazados en su Plan Ambiental 2050.

En el gráfico 39 se pueden observar las emisiones globales de CO₂ de las distintas plantas que tiene Toyota Motor Corporation alrededor del mundo. Se muestra que las plantas que se encuentran en Europa son las que generan la menor cantidad de emisiones de CO₂, y se ha reducido significativamente esta emisión en el período 2017-2019, al pasar de 0.19 millones de toneladas de

² TnGA (Toyota new Global Architecture) es el programa global de la compañía para transformar estructuralmente el diseño de los automóviles, cuyo objetivo es mejorar drásticamente el rendimiento básico y la comercialización de los vehículos de Toyota, reformando y rediseñando integralmente los componentes del tren motriz y las plataformas de los vehículos.

CO₂ en el año 2017 a 0.09 millones de toneladas en el año 2019. Las plantas de Toyota localizadas en China son las empresas con menores niveles de emisiones de CO₂, seguidas de las empresas localizadas en Japón, luego las plantas localizadas en Asia, América Latina y Sudáfrica y las plantas de Estados Unidos de América. Además, en el mismo gráfico se observa que las empresas subsidiarias de Toyota localizadas en Japón, son las empresas que generan el mayor nivel de emisiones de CO₂, por lo que la organización deberá trabajar en estas empresas para reducir las emisiones de CO₂ y lograr los objetivos y metas trazados para el año 2050.

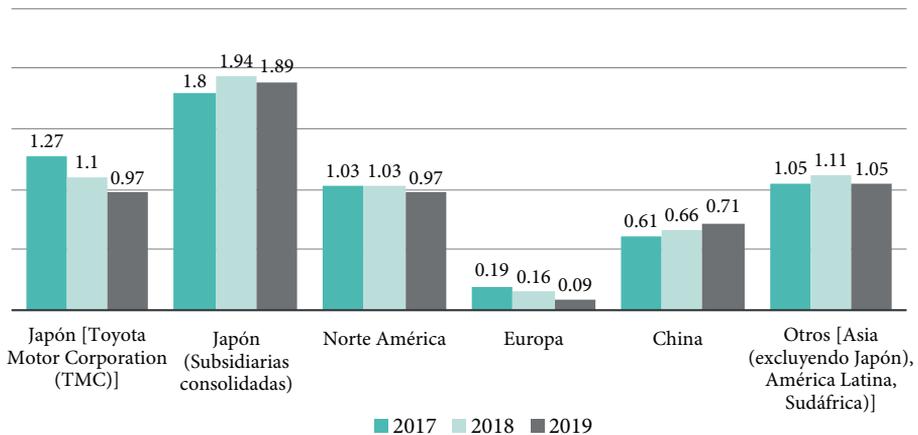


Gráfico 39. Emisiones globales de CO₂ por países. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

Con respecto a las emisiones de CO₂ de la totalidad de vehículos nuevos fabricados en Europa, el gráfico 40 muestra un incremento sustancial durante el período 2010-2018, pasando de 10 millones de toneladas de CO₂ en el año 2010, a 58 millones de toneladas de CO₂ en el año 2018. Sin embargo, también se puede observar una reducción significativa de las emisiones de CO₂ de los vehículos nuevos HEV y PHEV, las cuales se redujeron en el mismo período analizado, al pasar de 130 millones de toneladas de CO₂ en el año 2010 a 102 millones de toneladas en el año 2018. Toyota Motor Corporation contribuyó con un elevado porcentaje en la producción de este tipo de vehículos en el mercado de Europa, logrando con ello los objetivos y metas trazados en el Plan Ambiental 2050.

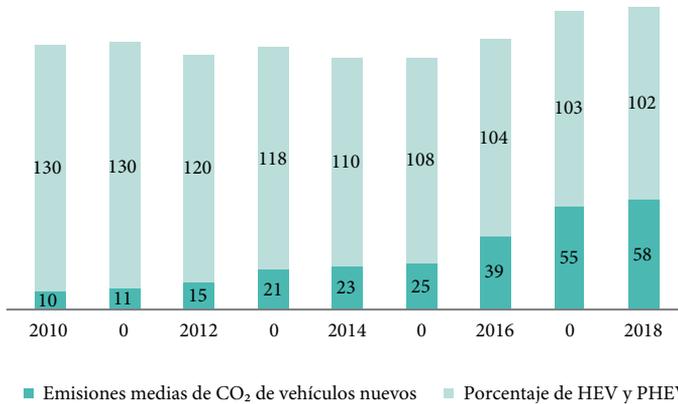


Gráfico 40. Emisiones medias de CO₂ de vehículos nuevos en Europa. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

Desafío 2. Ciclo de vida de cero emisiones de CO₂

Con el objetivo de minimizar lo máximo posible los impactos negativos al medioambiente y el cambio climático, este segundo desafío busca eliminar por completo las emisiones de CO₂ no solamente al momento de conducir los vehículos, sino también en la totalidad del ciclo de vida de los vehículos, en el que se incluye la fabricación de materiales y piezas, el montaje, mantenimiento, eliminación y reciclaje de piezas. Sin embargo, los vehículos eléctricos generalmente incorporan algunos materiales que incrementan considerablemente las emisiones de CO₂ durante el proceso de producción, por lo cual Toyota está buscando el desarrollo de nuevos materiales y componentes que generen bajas emisiones de CO₂ en los procesos de producción de los vehículos, así como la eliminación de aquellos componentes que generan mayores niveles de emisiones de contaminantes y reciclando la mayoría de las piezas y componentes de los vehículos que han concluido con su ciclo de vida.

El gráfico 41 establece que Toyota Motor Corporation tiene como objetivo esencial reducir para el año 2020 la emisión de CO₂ de los vehículos nuevos que fabrique en un 18 % para toda la vida de las unidades, y para el año 2030 reducir la emisión de CO₂ en un 25 %. En cuanto a su visión a futuro, la empresa espera que los vehículos que produzca tengan emisiones cero de CO₂ durante

toda su vida útil, con lo cual la organización estaría cumpliendo con la totalidad de sus objetivos y metas trazados en el Plan Ambiental 2050.

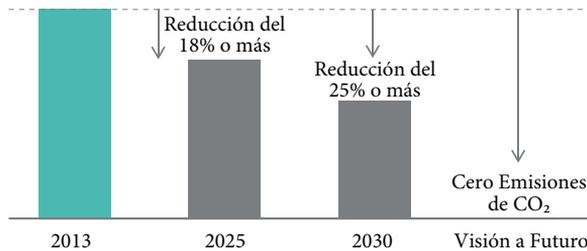


Gráfico 41. Cero emisiones de CO₂ durante todo el ciclo de vida del vehículo. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

Con la finalidad de reducir sustancialmente los impactos negativos al medioambiente, Toyota Motor Corporation introdujo un Sistema de Evaluación de Vehículos Ecológicos (Eco-VAS), con el fin de lograr el objetivo de cero emisiones de CO₂ del ciclo de vida de los vehículos y el reciclaje de los componentes y materiales al término de su vida útil. Asimismo, para lograr este objetivo, se implementó una técnica de Evaluación del Ciclo de Vida de los Vehículos (LCA),³ el cual evalúa el impacto que genera el ciclo de vida de los vehículos en el medioambiente en la totalidad de sus etapas, las cuales incluyen la producción de materiales, el montaje del vehículo, la conducción, el mantenimiento, la eliminación y reciclaje de sus materiales y componentes. En el nuevo modelo de Camry, lanzado en agosto de 2017, se implementó la técnica del LCA para reducir a cero las emisiones de CO₂ en la totalidad del ciclo de vida del vehículo, el cual redujo en un 19 % las emisiones de CO₂ en comparación con el modelo anterior, tal y como lo muestra el gráfico 42.

Adicionalmente, Toyota Motor Corporation ha adoptado e implementado el Alcance 3, que es, en términos generales, un estándar para la medición de las emisiones de CO₂ en todas las etapas comerciales de la organización y la identificación de las áreas que mayor nivel de emisiones generan para futuras

3 LCA es una técnica que permite la evaluación integral del impacto del vehículo en el medioambiente durante todo su ciclo de vida, desde la extracción de los recursos naturales hasta la eliminación y el reciclaje, cuantificando el impacto de cada una de las etapas. Además, las evaluaciones se basan en conducir un vehículo en el ciclo de prueba JCO8 (ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo de Japón), para un kilometraje de por vida de 100 000 kilómetros; los resultados de la evaluación se muestran como un índice.

reducciones. Asimismo, el Alcance 3 representa no solo las emisiones de Toyota motor Corporation, sino también las emisiones de CO₂ de todas sus subsidiarias consolidadas, las cuales incluyen, entre otras actividades, el transporte de los vehículos, el desplazamiento de los empleados, los viajes de negocios, el mantenimiento y la eliminación de los vehículos de los directivos. La siguiente tabla muestra con mayor claridad los principales resultados obtenidos por Toyota Corporation de la adopción e implementación del Alcance 3.

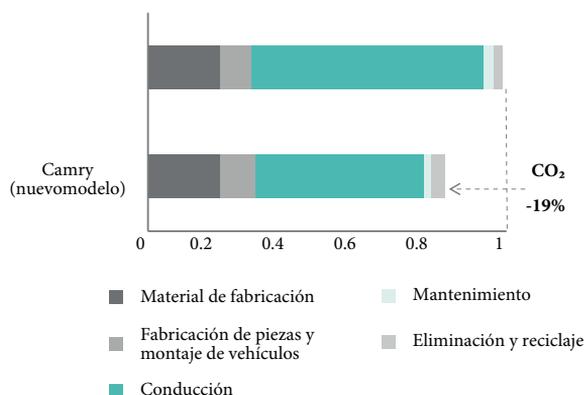


Gráfico 42. Resultados de la reducción de CO₂ en la producción del modelo Camry. Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

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 palets vacíos, etc.	0.4
Total		5.9

Tabla 15. Resultados de la iniciativa del TmC Kaizen para reducir las emisiones de CO₂. Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

La tabla 15 indica los resultados de las iniciativas del programa Kaizen, implementado por Toyota Motor Corporation para disminuir las emisiones de CO₂. Se observa que en la actividad «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. Esto permitió una reducción de 2.4 miles de toneladas de CO₂. Además, en la actividad «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 la actividad «Partes de servicio», las actividades del Kaizen que se aplicaron en las distintas plantas automotrices de Toyota permitieron que los viajes, al llevar las partes para los vehículos, se regresaran solos, lo cual permitió la disminución de 0.4 miles de toneladas de CO₂.

Desafío 3. Plantas cero emisiones de CO₂

Toyota Motor Corporation busca la generación de cero emisiones de CO₂ en la totalidad de los procesos de producción de sus vehículos. Para lograr esta meta está introduciendo tecnologías que son totalmente innovadoras, la aplicación del Kaizen en sus actividades y la utilización de energías renovables e hidrógeno en los procesos productivos. Asimismo, ha reducido considerablemente los procesos y el tiempo de producción de sus vehículos, al simplificar y agilizar los procesos productivos, así como la utilización de cada vez más energías renovables. Además, la organización está utilizando todos los medios que están a su alcance para disminuir las emisiones de CO₂, incluida la adopción de un nuevo proceso llamado *karakuri*, el cual consiste prácticamente en no consumir ninguna fuente de energía no renovable, por lo que se centra esencialmente en la utilización de energías renovables como la energía solar, eólica y de hidrógeno.

El gráfico 43 revela las tendencias en las emisiones totales de CO₂ que genera Toyota en las plantas automotrices ubicadas alrededor del mundo, y 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 Toyota en sus plantas ubicadas en los 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.

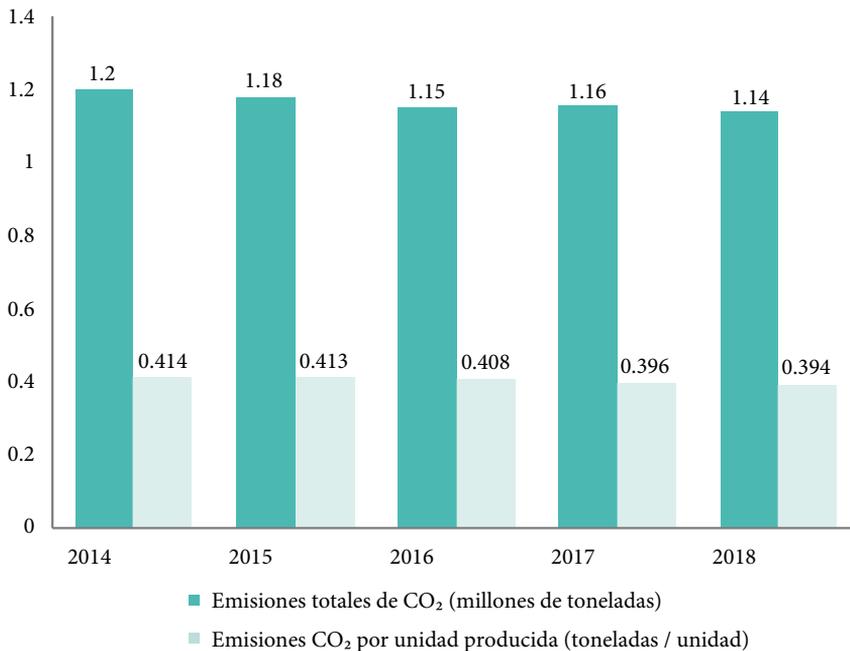


Gráfico 43. Tendencias en las emisiones totales de CO₂ y emisiones de CO₂ por unidad producida en TmC. Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

Toyota Motor Corporation está trabajando de la mano en la totalidad de sus plantas y con todos sus proveedores de la cadena de suministro para reducir significativamente las emisiones de CO₂ a través de medidas integrales de ahorro de energía mediante el desarrollo de tecnologías innovadoras y la aplicación del Kaizen en todas sus actividades productivas. Sin embargo, no es

factible reducir la cantidad de emisiones de CO₂ solamente con este tipo de actividades, por lo cual la organización está trabajando para utilizar en la totalidad de sus empresas ensambladoras de vehículos energías renovables, como la energía solar, la energía eólica y la energía del hidrógeno, tal y como lo muestra la tabla 16. Además, dado que el uso de las energías renovables es un problema social global, Toyota Motor Corporation está apoyando diversos proyectos de colaboración con distintos organismos públicos y privados (incluidos los gobiernos nacionales y locales) para el desarrollo del uso de este tipo de energías.

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

Tabla 16. Principales empresas afiliadas que utilizan energía renovable en cada región del mundo. Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

<i>País</i>	<i>Nombre del Proyecto</i>
Australia	Lanzamiento de la prueba MIRAI (julio de 2016)
Emiratos Árabes Unidos	Participó en una investigación conjunta para realizar una sociedad basada en el hidrógeno (enero de 2017)
China	Comenzó el experimento de manejo lanzando MIRAI a modo de prueba (enero de 2017)
Canadá	Comenzó el experimento de manejo lanzando MIRAI a modo de prueba (febrero de 2017)
Estados Unidos de América	Shell y Toyota colaboran en la construcción de una red de estaciones de hidrógeno en California (febrero de 2017)
Estados Unidos de América	Comenzaron las pruebas de verificación para camiones FC a gran escala en el Puerto de Los Ángeles (abril de 2017)
Estados Unidos de América	TMnA, una filial estadounidense, establece Tri-Gen para producir hidrógeno, electricidad y agua a partir de biomasa (diciembre de 2017)

Tabla 17. Alianzas para el uso generalizado de FCEV y uso del hidrógeno. Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

Construir una infraestructura que permita el desarrollo y utilización de energías renovables (especialmente del hidrógeno) es una de las principales metas de Toyota Motor Corporation en todas sus plantas, tal y como se muestra en la tabla 17. Además, Toyota está promoviendo en todos los países donde se ubican sus empresas el uso generalizado de vehículos eléctricos de celdas de combustible (FCEV), lo cual permitirá reducir significativamente las emisiones de CO₂ a la atmósfera, así como la colaboración en proyectos sustentables con las autoridades gubernamentales de los países y localidades para expandir el uso de las energías renovables (particularmente del hidrógeno) para hacerlas económicamente viables para la sociedad.

En el gráfico 44 se puede observar que el consumo de energía en las plantas de Toyota por cada vehículo producido es menor en las fábricas de Europa, seguido de las plantas ubicadas en China y de las plantas establecidas en Asia, América Latina y Sudáfrica. También se puede observar que las plantas subsidiarias ubicadas en Japón son las que tienen el mayor nivel de consumo de energía por vehículo producido, al igual que las fábricas establecidas en Es-

tados Unidos de América, por lo cual Toyota Corporation es donde está trabajando más para reducir los niveles de consumo de energía y cumplir con su Plan de Acción 2050.

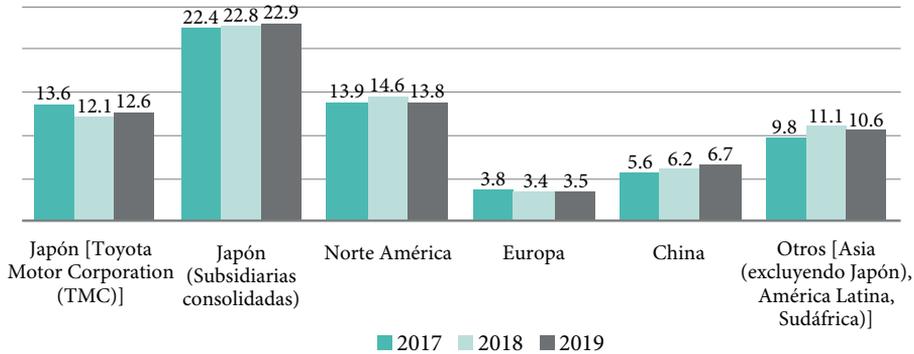


Gráfico 44. Consumo de energía global por vehículo producido. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

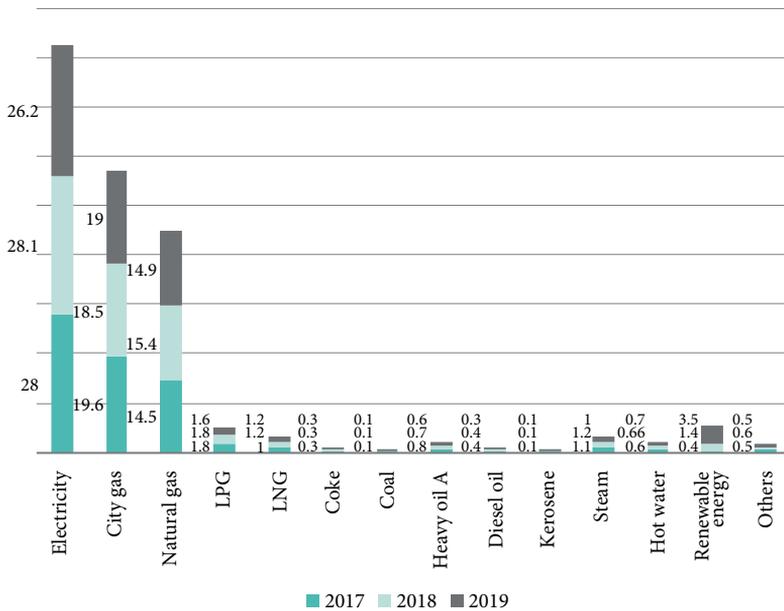


Gráfico 45. Consumo de energía global clasificado por tipo por vehículo producido. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

Con respecto al consumo de energía por su tipo y por vehículo producido, el gráfico 45 indica la existencia de un incremento sustancial en la utilización de energía eléctrica, gas LP y gas natural en la producción de vehículos en Toyota Corporation. Así, se puede observar una reducción en la utilización de la energía eléctrica, al pasar del 28 % en 2017 al 26.2 % en 2019; mientras que el consumo de gas LP se redujo levemente al pasar del 19.6 % en 2017 al 19 % en 2019; y la utilización del gas natural aumentó ligeramente al pasar del 14.5 % en 2017 al 14.9 % en 2019. Así, Toyota está trabajando en la utilización de energías renovables en la producción de vehículos, de tal manera que le permita cumplir con su Plan de Acción 2050 en la generación de cero impactos negativos al medioambiente.

Desafío 4. Minimizar y optimizar el uso del agua

Según las previsiones que han realizado los especialistas, la población mundial crecerá a un poco más de 9.1 mil millones de habitantes para el año 2050, la demanda del agua se incrementará en un poco más del 55 % y se espera que alrededor del 40 % de la población mundial tenga escasez de agua (Environmental Report de Toyota, 2018). Asimismo, ya existen serios problemas de agua en diversas partes del mundo, al igual que el incremento de la población y las regulaciones en respuesta al severo deterioro de la calidad del agua en los ríos y arroyos, son cuestiones esenciales que tienen que ser atendidas no solamente desde la perspectiva de las autoridades gubernamentales de los tres niveles de gobierno, sino también por la totalidad de las empresas manufactureras, particularmente las que integran la industria automotriz a nivel global.

En este sentido, las empresas manufactureras de la industria automotriz son las empresas que utilizan el agua en una mayor cantidad, ya que es un recurso esencial para el proceso de pintura y la mayoría de los procesos de producción de los vehículos; de ahí la importancia de disminuir el consumo del agua en este tipo de organizaciones. Por ello, Toyota Motor Corporation ha adoptado e implementado diversas iniciativas, como la recolección del agua de lluvia, para disminuir notablemente el consumo del agua en los procesos productivos, reciclar las aguas residuales para disminuir la cantidad de agua extraída de los mantos acuíferos y sanear los ríos y arroyos con agua reciclada, lo

cual permitirá que en un futuro próximo mejore el medioambiente y la sustentabilidad ambiental de las localidades donde se ubican sus plantas productivas.

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Uso total de agua (millones de m ³)						
Japón (TMC)	5.3	5.2	4.9	6.4	4.5	4.5
Japón (EMS consolidado y sus filiales)	12.1	11.9	11.3	18.8	19.6	19.8
Norteamérica	5.0	5.3	5.0	6.6	6.5	6.6
China	2.6	2.5	2.5	1.7	1.5	1.5
Europa	1.4	1.2	1.1	3.2	3.8	3.4
Asia, Australia, Medio Oriente, Sudáfrica, América Latina.	4.8	4.9	4.5	7.9	8.5	8.1
Total	31.2	31.0	29.3	44.5	44.4	44.0
Uso de agua por unidad producida (m ³ /unidad)	3.1	3.0	2.9	4.26	4.20	4.10

Tabla 18. Tendencias en el uso global total de agua y el uso por unidad producida. Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

Con la finalidad de reducir sustancialmente el uso del agua en las actividades de producción, Toyota Motor Corporation ha desarrollado tecnologías innovadoras para la planeación adecuada de las líneas de producción, lo cual le ha permitido reducir sensiblemente el uso del agua en términos generales y por unidad producida, tal y como lo señala la tabla 18. Además, Toyota Motor Corporation implementó una serie de medidas en el año 2018 que le permitieron reducir significativamente el uso del agua en la producción de vehículos. Entre las medidas más importantes se encuentran al pretratamiento de pintura, que utiliza grandes cantidades de agua, a través de la implementación del reciclaje de las aguas residuales de los procesos de recubrimiento químico y la optimización de las boquillas de lavado en los procesos de recubrimiento por electrodeposición, lo cual le permitió incrementar en un elevado porcentaje la eficiencia del uso de agua en los procesos de producción de los vehículos.

Toyota Motor Company ha reducido significativamente el uso del agua en los últimos cinco años, y la tendencia en el uso total del agua en la producción de los vehículos y por unidad producida es a la baja, tal y como se observa en la tabla 19. Asimismo, la organización ha implementado un serie de activida-

des que han permitido una reducción en el uso del agua, de tal manera que el uso total del agua en el año 2018 fue de 10.3 millones de m³, el cual representó un 3.2 % menor que el año anterior, y el uso del agua por unidad producida fue en 2018 de 4.0 m³, representando un 7.6 % menor que el registrado el año anterior. Sin embargo, aun cuando la tendencia existente en la organización en cuanto al uso del agua total y por unidad producida es a la baja, Toyota sigue implementando a nivel mundial nuevas medidas para reducir el uso del agua, de acuerdo con las políticas de cada uno de los países y regiones donde se ubican sus plantas.

Año	2014	2015	2016	2017	2018
Uso total de agua (millones de m ³)	11.6	11.5	10.9	10.7	10.3
Uso de agua por unidad producida (m ³ /unidad)	4.9	4.9	4.7	4.3	4.0

Tabla 19. Tendencias en el uso total de agua y el uso por unidad producida en TmC. Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

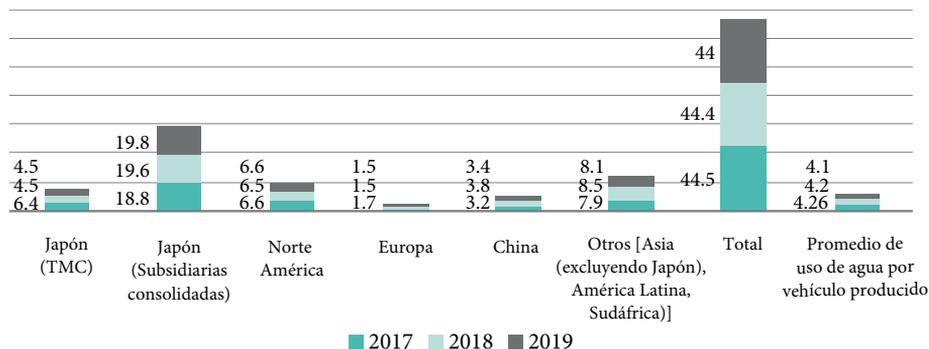


Gráfico 46. Consumo global de agua por vehículo producido. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

El gráfico 46 muestra el consumo de agua por vehículo producido. Se observa que las plantas de Toyota ubicadas en Europa son las que registran el menor consumo de agua, al pasar de un consumo de 1.7 m³ de agua en 2017 a 1.5 m³ de agua en 2019. Por el contrario, en las empresas ubicadas en Japón (subsidiarias) es donde se registra el mayor nivel de consumo de agua por vehículo

producido, e incluso se incrementó el uso del agua por vehículo producido al pasar de 18.8 m³ en 2017 a 19.8 m³ en 2019, aun cuando se redujo el promedio del uso del agua, al pasar de 4.26 m³ a 4.10 m³ en el mismo lapso.

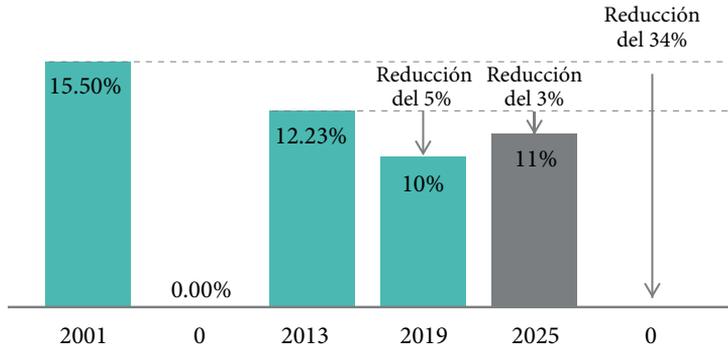


Gráfico 47. Porcentaje de consumo de agua por vehículo producido. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

En términos del porcentaje de consumo de agua por vehículo producido, en el gráfico 47 se observa una reducción significativa en el consumo del agua, al pasar del 15,5 % en 2001 al 10 % en 2019; pero aun cuando se espera un ligero incremento en el uso del agua por vehículo producido en el año 2025, sigue existiendo una disminución del 3 % en el consumo del agua con respecto al año 2021, y se espera que para el año 2050 se tenga una reducción del 34 % en el consumo de agua por vehículo producido, de acuerdo al Plan de Acción 2050, para que Toyota Corporation pueda cumplir con sus metas trazadas.

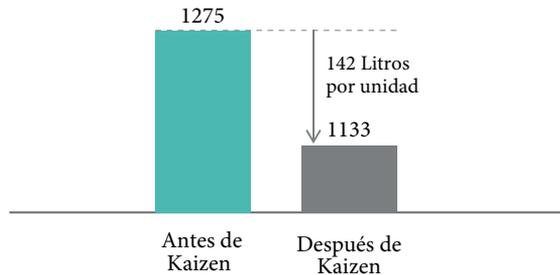


Gráfico 48. Cantidad de agua utilizada por vehículo producido. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

En el gráfico 48 se puede observar una reducción significativa del consumo de agua por vehículo producido con la incorporación de la filosofía del Kaizen, es decir, con la implementación del *lean manufacturing*, al pasar de un consumo de 1 275 litros de agua por vehículo producido a 1 133 litros de agua por vehículo producido, reduciéndose con ello 142 litros de agua por cada vehículo producido por Toyota Corporation. Esto permite establecer que la compañía está en posibilidades de lograr las metas trazadas en el Plan de Acción 2050 para minimizar y optimizar el consumo del agua.

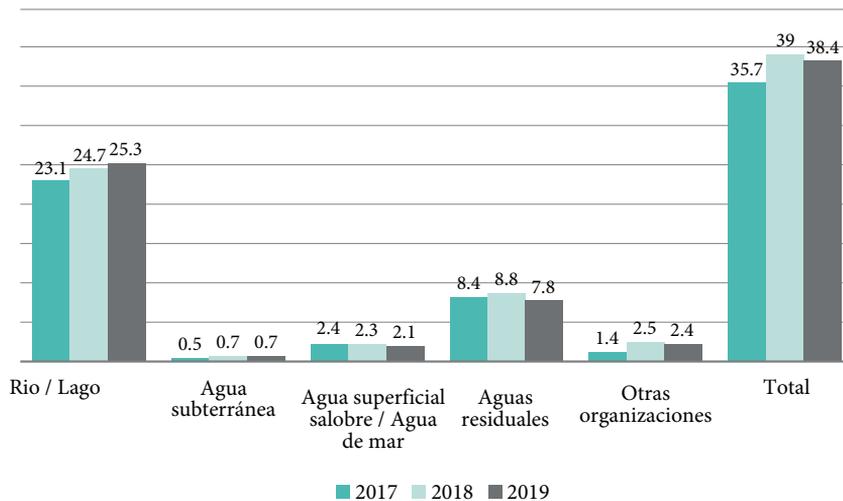


Gráfico 49. Volumen global de descarga de agua por destino. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

En el gráfico 49 se muestra el volumen de descarga de agua por destino y se observa que la mayor parte del agua que se utiliza en las distintas plantas de Toyota Corporation proviene de ríos y/o lagos, seguido de la reutilización de sus aguas residuales, del agua de mar y de las aguas subterráneas, por lo cual para que la organización pueda cumplir con los objetivos y metas trazados en el Plan de Acción 2050 para minimizar y optimizar el consumo de agua, tendrá que implementar acciones que le permitan un mayor porcentaje en la reutilización de sus aguas residuales, así como aprovechar el agua de lluvia.

Desafío 5. Establecer una sociedad y sistema basados en el reciclaje

Toyota Motor Company es consciente de que el incremento acelerado de la población, junto con la presión por lograr un mayor crecimiento y desarrollo económicos por parte de las empresas y los gobiernos, aunado con el ritmo creciente del consumo de recursos naturales, conlleva un cambio importante en las estrategias empresariales de las organizaciones, en particular las que integran la industria automotriz a nivel global. Esto se debe a que si la explotación de los recursos naturales continua tal y como viene sucediendo en las últimas décadas, estos se agotarán en un futuro cercano; y si los residuos industriales mantienen su ritmo acelerado de crecimiento como en las últimas tres décadas, provocarán, en un futuro cercano, altos niveles de contaminación medioambiental, lo cual provocará no solamente desabasto de productos y servicios, sino también una mayor degradación medioambiental.

Además, con la finalidad de evitar lo máximo posible los impactos negativos al medioambiente, provocados por la producción de vehículos, Toyota Motor Corporation lanzó el proyecto Toyota Global 100 Dismantlers, el cual consiste esencialmente en establecer sistemas sociales para el tratamiento adecuado de los vehículos al final de su ciclo de vida. Por ello, para lograr una sociedad basada en el reciclaje de los residuos industriales, es necesario que las empresas manufactureras trabajen coordinadamente con los diversos actores sociales para generar y financiar proyectos que permitan a la sociedad comprender los riesgos que se tienen con el agotamiento cada vez mayor de los recursos naturales y los niveles de contaminación medioambiental, por lo cual es urgente y necesario trabajar en cuatro áreas claves y esenciales:

1. Utilización de materiales y materias primas ecológicas;
2. Utilización de materiales y partes de los vehículos que tengan un ciclo mayor de vida útil;
3. Desarrollar tecnología de reciclaje;
4. Producción de vehículos con componentes y partes reutilizadas de vehículos que han concluido su vida útil.

En este sentido, Toyota Motor Company tiene como objetivo fundamental contribuir en la generación de una sociedad basada en el reciclaje a partir de la adopción e implementación del proyecto de Reciclaje de Cocha a Coche (TCCR), con la finalidad de reutilizar todos los componentes y materiales po-

sibles de los vehículos al final de su vida útil, para que sean incorporados en la producción de vehículos nuevos.

<i>Año</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>
Volumen total de residuos (miles de toneladas)					
Japón (TMC)	36	36	35	34	33
Japón (EMS consolidado y sus filiales)	365	353	348	359	383
Norteamérica	32	29	29	30	29
China	20	17	17	17	18
Europa	14	14	11	12	14
Asia, Australia, Medio Oriente, Sudáfrica, América Latina	27	26	21	22	22
Total	494	475	461	474	499
Volumen de residuos por unidad (kg/unidad)	48	46	45	45	47

Tabla 20. Tendencia en los volúmenes de residuos totales globales y el volumen de residuos por unidad producida. Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

Durante el período de 2014 a 2018 Toyota Motor Company implementó una diversidad de medidas tendientes a reducir los volúmenes de residuos globales y por unidad producida en sus diversas plantas productivas alrededor del mundo, tal y como se muestra en la tabla 20. Sin embargo, derivado de la reducción de los precios en el mercado global del reciclaje y de un cambio en las políticas del reciclaje de residuos por parte de la organización, el volumen total de residuos en 2018 fue de 499 mil toneladas, lo que representó un aumento del 5.3 % anual, en comparación con el obtenido en 2014; y el volumen de residuos por unidad producida fue de 47 kilogramos, lo que representó un 5.4 % mayor por año.

Con respecto a la tendencia en el volumen total de residuos y el volumen de residuos por unidad producida, en la tabla 21 se puede observar que durante el período de 2014 al 2018 se registró una disminución importante en el volumen total de residuos de Toyota Motor Company en sus plantas ubicadas en Japón, al registrar 32.7 miles de toneladas en 2018. Esto representó una reduc-

ción del 9.2 %, con respecto al registrado en 2014; y el volumen de residuos por unidad se situó en 11.3 kilogramos por unidad en 2018, representando una disminución del 8.88 %, con respecto al registrado en 2014.

<i>Año</i>	2014	2015	2016	2017	2018
	36.0	35.9	35.2	33.8	32.7
Volumen de residuos por unidad (kg/unidad)	12.4	12.5	12.5	11.6	11.3

Tabla 21. Tendencia en el volumen total de residuos y el volumen de residuos por unidad producida en TmC (Japón). Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

<i>Año</i>	2014	2015	2016	2017	2018
Uso de materiales de embalaje y envoltura (miles de toneladas)	56.3	51.7	50.9	51.4	45.8
Uso de materiales de embalaje y envoltura por unidad de envío (kg/m ³)	6.97	6.98	7.36	6.87	6.21

Tabla 22. Tendencias en el uso total de materiales de embalaje y materiales de embalaje por unidad producida en TmC (Japón). Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

Toyota Motor Corporation adoptó e implementó diversas iniciativas en la totalidad de sus plantas ubicadas en Japón, con la finalidad de reducir significativamente la cantidad de materiales de embalaje y envoltura utilizados en la logística de sus materiales y piezas, los cuales incluyen la eficiencia del embalaje, la utilización de embalajes retornables para reducir la cantidad de materiales no reciclables, y la utilización de materiales más livianos de embalaje y envoltura. En este sentido, en el 2018 se redujo notablemente la cantidad de empaques, embalajes y material de envolturas por unidad producida. al registrar una cantidad de 6.21 kg/m³, lo que representó un 9.6 % inferior al registrado en 2014; mientras que el volumen total de materiales de embalaje y envoltura fue de 45.8 mil toneladas, lo que representó una disminución del 10.9 %, con respecto al registrado en 2014, tal y como se muestra en la tabla 22.

En el gráfico 50 se puede observar el volumen global de residuos que genera Toyota en sus diversas plantas, y se muestra cómo las plantas ubicadas en Europa son las que generan una menor cantidad de residuos por vehículo producido, al pasar de 14 kilogramos en 2017 a 11 kilogramos en 2019; mientras que

las subsidiarias consolidadas establecidas en Japón son las que registran el mayor volumen de residuos por vehículo producido, aun cuando tuvieron una ligera disminución, al pasar de 138 kilogramos por vehículo producido en 2017 a 134 kilogramos por vehículo producido en 2019.

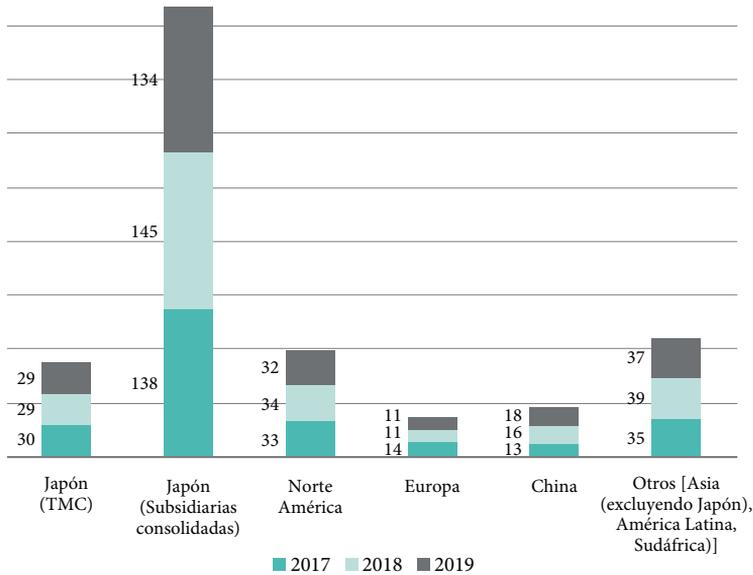


Gráfico 50. Volumen global de residuos (kilogramos/vehículo producido). Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.



Gráfico 51. Residuos globales clasificados por tipo (millones de toneladas). Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

Con respecto a los residuos globales clasificados por tipo, el gráfico 51 muestra que el costo de los residuos registró una pequeña disminución, al pasar de 216 millones de toneladas de residuos en el año 2017 a 193 millones de toneladas en 2019. Sin embargo, se registró un incremento en la generación de residuos en promedio en la totalidad de su plantas, al igual que el envío de residuos a los vertederos municipales, al pasar de 16 millones de toneladas en el año 2017 a 23 millones de toneladas en el año 2019, por lo que Toyota Corporation tiene que redoblar esfuerzos para reducir la generación de residuos por vehículo producido en la totalidad de sus plantas, así como la reutilización de los mismos.

Desafío 6. Establecer una sociedad futura en armonía con la naturaleza

Toyota Motor Corporation considera que es responsabilidad de todos la conservación del medioambiente en la totalidad de las regiones del mundo, lo cual permitirá a la sociedad vivir en armonía con la naturaleza. Sin embargo, la deforestación y la pérdida de la biodiversidad en diversas regiones del mundo están provocando un cambio climático que está afectando a la sociedad global, incluidas entre ellas las empresas manufactureras que integran la industria automotriz, y la pérdida de recursos naturales que son esenciales para la sociedad en general, lo cual ha incrementado sustancialmente los desastres naturales y estimulado el calentamiento global, representando un riesgo para el potencial de la sustentabilidad medioambiental de la sociedad en su conjunto.

Bajo este umbral, Toyota Motor Company implementó particularmente tres proyectos para fortalecer una sociedad global en armonía con la naturaleza, no solamente en sus plantas productivas ubicadas en Japón, sino en la totalidad de sus empresas establecidas alrededor del mundo, adoptando una diversidad de medidas encaminadas a ampliar las actividades medioambientales y de desarrollo sustentable en distintas regiones del mundo, con la finalidad de enriquecer en la medida de sus posibilidades la vida de las comunidades donde se localizan sus plantas productivas. Por lo tanto, Toyota Motor Company implementará este tipo de medidas tanto al interior como al exterior de la organización, así como en las empresas manufactureras que integran la ca-

dena de proveeduría, con el objetivo de que todas las personas vivan en armonía con la naturaleza.

<i>Año</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>Total de dos años</i>	<i>Total 2016-2018</i>
Número de participantes (personas)	41 118	47 440	88 558	
Cantidad de árboles plantados	31 089	27 645	58 734	12 158 734
Bosques objetivo de conservación (ha)	1 789	3 010	4 799	
Educación ambiental (participantes)	26 486	32 302	58 788	

Tabla 23. Todo Toyota en armonía con la naturaleza y actividades del grupo de trabajo. Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

<i>Año</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>
Emisiones de COV por área pintada (g/m ²)	18.8	17.2	15.8	14.6	14.4

Tabla 24. Tendencia en el volumen de emisiones de COV en los procesos de pintura de las carrocerías de los vehículos (promedio para todas las líneas). Fuente: Environmental Report 2018 de Toyota.

Toyota Motor Corporation expandió sus actividades de protección del medioambiente, al desarrollar 217 proyectos en el año 2018, los cuales representaron 1.8 veces más que los realizados durante el año 2017, tal y como lo muestra la tabla 23. Asimismo, en el año 2017, 30 empleados de 18 empresas participaron en un festival de plantación de árboles en la región de Tohoku en Japón, y 54 empleados de las mismas 18 empresas participaron en el mantenimiento del bosque de bambú en el río Yahagi, pero durante el año 2018 se incrementó sustancialmente la participación de los empleados en las diversas actividades de conservación de bosques, plantación de árboles y de actividades de educación ambiental. Adicionalmente, Toyota Motor Corporation está apoyando constantemente los distintos proyectos sociales tendientes a la mejora del medioambiente para establecer una sociedad en armonía con la naturaleza en todas sus plantas productivas alrededor del mundo.

Toyota Motor Corporation ha implementado una diversidad de medidas tendientes a reducir los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), emitidos en todos los procesos de pintura de los vehículos que fabrica en sus plantas

ubicadas alrededor del mundo. Particularmente, la organización ha reducido sustancialmente la utilización de las pinturas y diluyentes, promoviendo constantemente diversas iniciativas relacionadas con los planes de renovación de las instalaciones de pintura y las actividades cotidianas para disminuir aún más las emisiones de COV. Prueba de ello es que en 2018 el volumen de las emisiones de COV por área pintada en los procesos de pintura de las carrocerías fue de 14.4 g/m², en promedio, para todas las líneas, lo que representó un 1 % anual inferior que el registrado en 2014, tal y como se muestra en la tabla 24.

Año	2014	2015	2016	2017	2018
Emisiones de COV por área pintada (g/m ²)	24.1	22.6	21.8	21.5	21.5
*Plantas de ensamblaje de vehículos de TMC y subsidiarias consolidadas y otras compañías en Japón, un total de ocho compañías					
Tendencias en el volumen de emisiones de COV en los procesos de pintura de parachoques en TmC en Japón (promedio para todas las líneas)					
Año	2014	2015	2016	2017	2018
Emisiones de COV por área pintada (g/m ²)	310	282	253	193	176

Tabla 25. Tendencia en el volumen de emisiones de COV en los procesos de pintura de carrocerías de los vehículos por filiales consolidadas en Japón. Fuente: Reporte de sustentabilidad de Toyota 2018.

Para las empresas filiales consolidadas de Toyota Motor Corporation establecidas en Japón, el volumen de las emisiones de COV para el año 2018 fue de 21.5 g/m², que representó una importante reducción del 10.8 % con respecto al registrado en 2014. Asimismo, el volumen de emisiones de COV por área pintada en los procesos de pintura de parachoques de los vehículos fabricados por la organización fue para el año 2018 de 176 g/m² en promedio para todas las líneas, lo que representó un 8.8 % inferior al registrado en 2014, tal y como se puede observar en la tabla 25. Adicionalmente, Toyota Motor Corporation está tratando de reducir aún más las emisiones de COV que causan no solo una contaminación del aire y del suelo, sino también que pueden generar una influencia de contagio en el cuerpo humano, lo cual es preocupante para la organización.

En términos generales, es posible establecer que Toyota Motor Corporation está aplicando adecuadamente las actividades que conlleva el *lean manu-*

facturing, ya que, como se puede observar en los gráficos y tablas presentados con anterioridad, los seis desafíos establecidos por la organización para el año 2050 establecen con claridad la implementación de las prácticas del *lean manufacturing*. Los desafíos no solamente plantean el logro de metas y objetivos específicos del cuidado del medioambiente y de la mejora de sustentabilidad, sino también actividades claras que le han permitido a Toyota Motor Corporation hasta la actualidad mejorar significativamente sus procesos de producción, reduciendo con ello tanto los tiempos de los procesos productivos como los costos totales de producción y los impactos negativos al medioambiente donde se localizan sus plantas productivas.

Sin embargo, aun cuando la reducción de las emisiones de contaminantes de CO₂ y COV en los procesos de pintura de los vehículos, en general, ha sido relativamente baja en sus plantas productivas establecidas alrededor del mundo —en comparación con las ubicadas en Japón—, se están implementando actividades complementarias que permitirán a la organización reducir significativamente las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera en los años futuros. Prueba de ello es el desarrollo e implementación de tecnología innovadora en todos los procesos de producción de los vehículos en las distintas plantas que se encuentran alrededor del mundo. Además, la reducción significativa de los residuos industriales y la utilización de energías renovables, así como la reutilización de las aguas residuales en los procesos de producción, están generando una reducción importante en los costos de producción de los vehículos.

Adicionalmente, la reducción de los residuos industriales en la totalidad de los procesos de producción, tanto de los vehículos como de las partes y componentes que los integran, están reduciendo significativamente no solo los costos de producción, sino también los niveles de contaminación del medioambiente de las localidades donde se ubican las plantas productivas de Toyota Motor Corporation. En este sentido, la adopción e implementación de las distintas actividades que integran el *lean manufacturing*, por parte de Toyota Motor Corporation, en las plantas de producción que tiene alrededor del mundo (entre ellas las que se localizan en México), están generando excelentes resultados porque se ha disminuido en un porcentaje importante la generación de residuos industriales y ha aumentado la utilización de energías renovables, mejorando con este tipo de acciones tanto la sustentabilidad de la organización como el desarrollo sustentable económico y social.

Sin embargo, el reciclaje de materiales y piezas tanto de los residuos industriales como de los vehículos que han concluido su ciclo de vida, se ha incrementado levemente en los últimos cinco años en Toyota Motor Corporation. Por ello, la empresa deberá adoptar e implementar nuevas medidas y desarrollar tecnología innovadora, tendiente a reutilizar o reciclar la mayor parte posible de los residuos sólidos industriales, reutilizar la mayoría de los componentes y parte de los vehículos que han concluido su ciclo de vida en la producción de nuevos vehículos y reutilizar la totalidad de sus aguas residuales en los procesos de producción, así como captar un mayor porcentaje de las aguas pluviales para incorporarlas en los procesos de pintura de los vehículos, lo cual permitirá a la organización cumplir con sus metas y objetivos trazados para el año 2050.

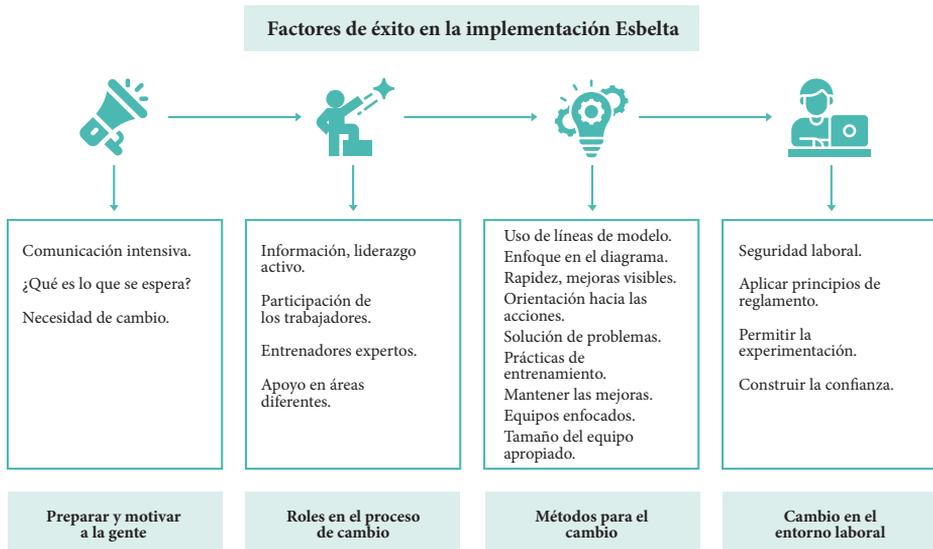


Figura 8. Factores de éxito en la implementación del *lean manufacturing*. Fuente: Adaptado de Manotas y Rivera (2008), *lean manufacturing measurement: The Relationship Between Lean Activities and Lean Metrics*, página 74

En la figura 8 se pueden observar los factores de éxito que conlleva la implementación de las actividades del *lean manufacturing* en cualquier empresa manufacturera de la industria automotriz, incluyendo a Toyota Motor Corporation.

Asimismo, en esta figura se establece que son prácticamente cuatro los factores de éxito del *lean manufacturing*, siendo la preparación y motivación del personal de las empresas manufactureras el primer factor con el que se tienen que iniciar las prácticas del *lean manufacturing*, ya que es sustancial que tanto los empleados como los trabajadores de las organizaciones estén convencidos de la importancia que tienen las prácticas del *lean manufacturing*, no solo como una estrategia para reducir los costos de producción de los vehículos, sino también como una forma efectiva de reducir significativamente tanto los impactos negativos como las emisiones de gases contaminantes al medioambiente.

El segundo factor de éxito es el rol que deberán asumir los directivos y trabajadores de las empresas manufactureras, ya que es importante el liderazgo que generen los directivos en relación a los cambios que se tendrán que realizar en la cultura organizacional. El tercer factor de éxito son los métodos para el cambio, es decir, las distintas herramientas que se pueden utilizar en la implementación de la filosofía del *lean manufacturing*. Finalmente, el cuarto factor de éxito son los cambios en el entorno laboral de los empleados y trabajadores de las empresas manufactureras, ya que la adopción e implementación de las prácticas del *lean manufacturing* conlleva una serie de cambios tanto al interior como al exterior de la organización, por lo cual dichos cambios tendrán como vértice esencial a los directivos de las empresas, y son precisamente los directivos los que tendrán que adoptar los cambios necesarios para el desarrollo de las prácticas del *lean manufacturing*.

En la figura 9 se muestra un reflejo de los problemas claves identificados a través del análisis de materialidad ambiental en estrategias y planes de acción a corto y largo plazo, incluido el Toyota Environmental Challenge 2050 y el Toyota Environmental Action Plan. Así, la materialidad ambiental se revisó en el momento de la formulación reciente del Objetivo 2025 (Séptimo Plan de Acción Ambiental de Toyota), de acuerdo con el proceso anterior. Además, TMC y seis regiones (América del Norte, Europa, China, Asia, América del Sur y Sudáfrica) incorporaron los objetivos desde una perspectiva global y regional bajo un proceso integrado.

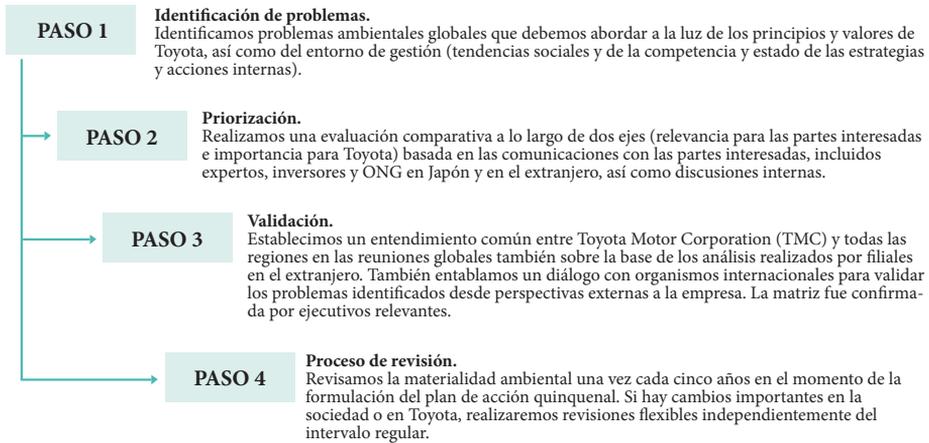


Figura 9. Proceso de análisis de materialidad ambiental. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

La figura 10 muestra el proceso del análisis de materialidad ambiental que realiza en la actualidad Toyota Corporation, considerando a la sociedad como un entorno externo a la organización. También se observan, en este mismo gráfico, las tres propuestas de Toyota para mejorar el medioambiente en las comunidades donde se localizan sus plantas productivas: 1) la regulación del ciclo de vida de las emisiones de CO₂; 2) la regulación de eficiencia del combustible y vehículos de cero emisión que produce la organización; 3) cambios en los valores del cliente, los cuales de manera conjunta permitirán que Toyota Corporation contribuya no solamente en la mejora medioambiental, sino también en la mitigación del cambio climático global.

En términos generales, en el gráfico 52 se pueden observar los resultados de las distintas actividades medioambientales que ha implementado Toyota Corporation para mejorar el medioambiente y la sustentabilidad, como parte de las actividades de la implementación del *lean manufacturing*, y se muestra cómo las plantas establecidas en Europa son las que generan los menores impactos medioambientales, seguidas de las empresas ubicadas en Estados Unidos de América y las de África. Aun cuando la organización en su conjunto ha estado reduciendo significativamente los impactos negativos al medioambiente, falta todavía mucho trabajo que hacer para que Toyota logre los distintos objetivos y metas trazados en su Plan de Acción 2050.

Tres imágenes diferentes de la sociedad como entorno externo de Toyota

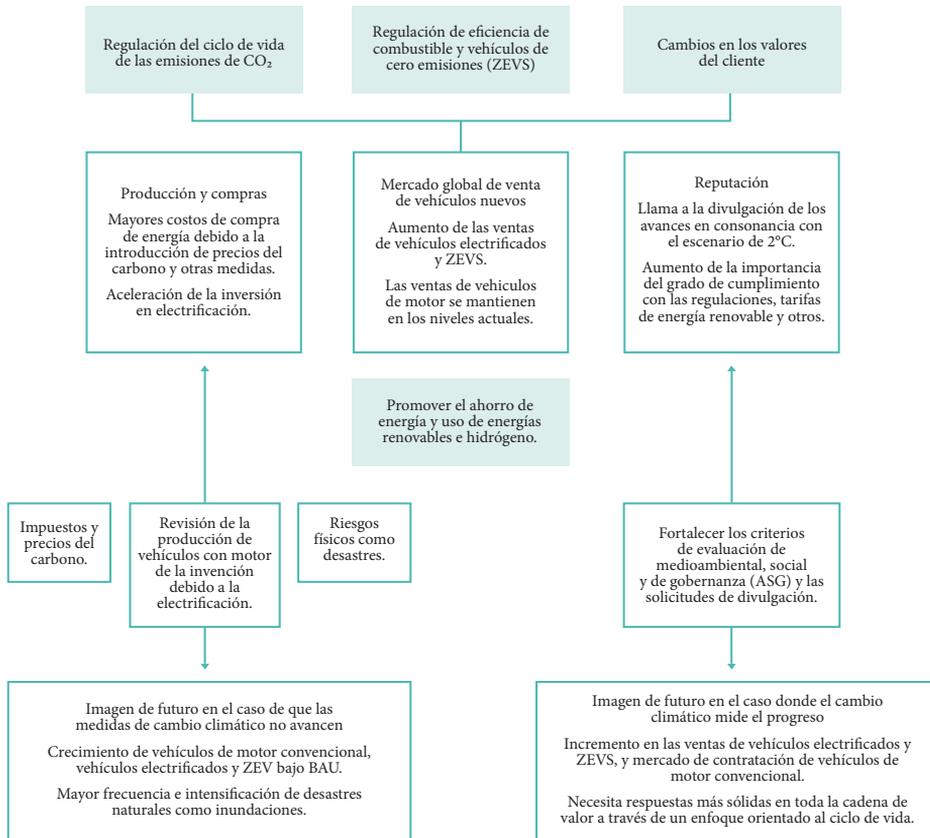


Figura 10. Proceso de análisis de materialidad ambiental. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota .

Adicionalmente, Toyota Corporation no solamente ha contribuido en la mejora significativa del medioambiente y la sustentabilidad de las comunidades donde se localizan sus plantas productoras y ensambladoras de vehículos, sino también la adopción e implementación de las distintas actividades que integran el *lean manufacturing*, le han permitido incrementar significativamente el nivel del rendimiento económico y financiero de la organización en su conjunto. En los gráficos que se presentan a continuación, se expondrán algunos

de los principales resultados financieros alcanzados por Toyota Corporation durante el período de 2016 a 2020.

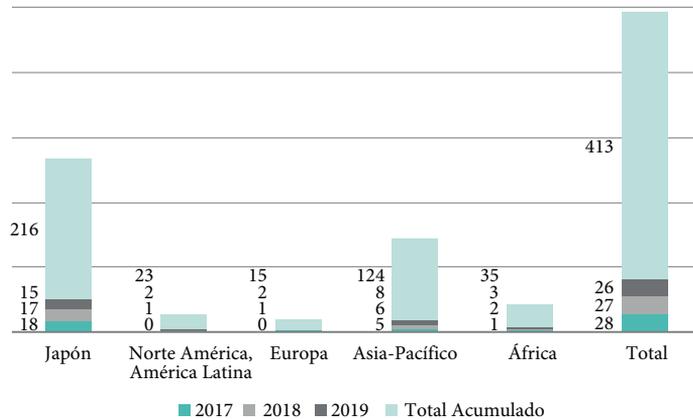


Gráfico 52. Resultados del diagrama de Gantt para las actividades medioambientales. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota .

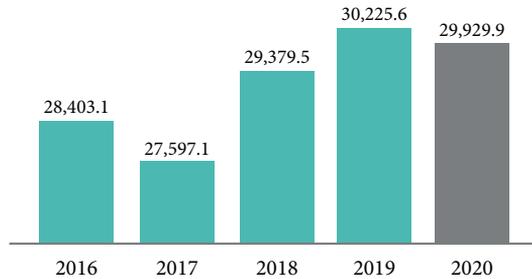


Gráfico 53. Ingresos netos en billones de yenes por año. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

El gráfico 53 muestra los ingresos netos obtenidos por Toyota Corporation en los últimos cinco años. Se puede observar una reducción en los ingresos netos en el año 2017, al pasar de 28 403.1 billones de yenes en el año 2016 a 27 597.1 billones de yenes en 2017. Sin embargo, los ingresos netos se incrementaron en los dos años siguientes, al registrar 29 379.5 billones de yenes en el año 2018 y 30 225.6 billones de yenes en 2019; y, derivado de los problemas mundiales de la pandemia del covid-19, en la que muchas de las plantas tuvieron que cerrar

temporalmente, los ingresos netos de la organización disminuyeron durante el año 2020, al registrar 29 929.9 billones de yenes.

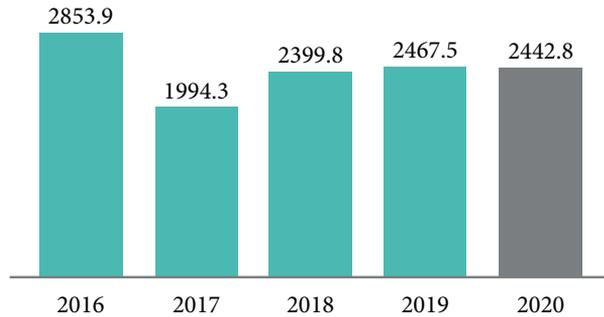


Gráfico 54. Ingresos de operaciones en billones de yenes por año. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

Con respecto a los ingresos de operaciones realizadas por Toyota Corporation, el gráfico 54 muestra la existencia de una disminución significativa de este tipo de ingresos en el año 2017, al pasar de 2 853.9 billones de yenes en 2016 a 1 994.3 billones de yenes en 2017. Pero en los dos años siguientes se incrementaron los ingresos derivados de las operaciones, al registrar 2 399.8 billones de yenes en 2018 y 2 467.5 billones de yenes en 2019, y reducirse levemente en el año 2020, al registrar 2 442.8 billones de yenes.

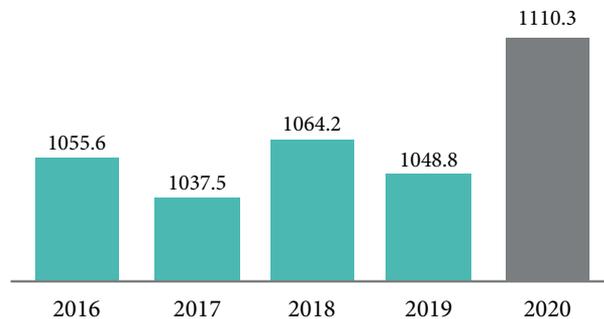


Gráfico 55. Gastos en R&D en billones de yenes por año. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

En lo concerniente a los gastos en investigación y desarrollo (R&D), en el gráfico 55 se observa la existencia de una disminución en este tipo de gastos en 2017, al pasar de 1 055.6 billones de yenes en 2016 a 1 037.5 billones de yenes en 2017. Sin embargo, también se muestra en el gráfico un incremento sustancial en los gastos en R&D durante el año 2018, al registrar un gasto de 1 064.2 billones de yenes; pero disminuyen esos gastos en 2019, al registrar un gasto de 1 048.8 billones de yenes. No obstante, aun cuando se estaba en la pandemia del covid-19, Toyota Corporation incrementó exponencialmente sus gastos en R&D durante el año 2020, al registrar un gasto de 1 110.3 billones de yenes.

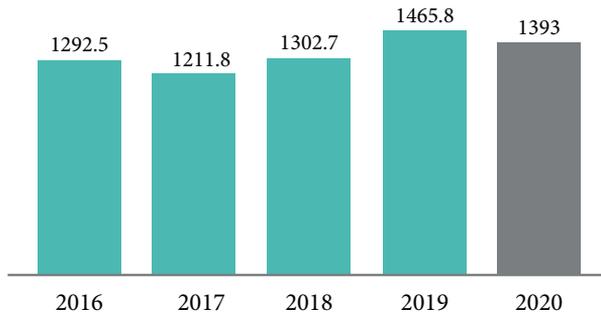


Gráfico 56. Gastos de capital en billones de yenes por año. Fuente: Environmental Report 2020 de Toyota.

Finalmente, con respecto a los gastos en capital realizados por Toyota Corporation, el gráfico 56 muestra una ligera reducción en este tipo de gastos durante el año 2017, al pasar de 1 292.5 billones de yenes en 2016 a 1 211.8 billones de yenes en 2017, pero luego se incrementan los gastos de capital en 2018 y 2019 al registrar 1 302.7 billones de yenes y 1,465.8 billones de yenes, respectivamente. Sin embargo, aun cuando la organización tuvo que cerrar varias de sus plantas alrededor del mundo derivado de los problemas ocasionados por la pandemia del covid-19, Toyota Corporation destinó 1 393.0 billones de yenes en gasto de capital en el 2020.

En términos generales, es posible concluir que las actividades del *lean manufacturing* que ha implementado Toyota Corporation le han generado excelentes resultados, ya que no solo se han reducido los procesos de producción, eliminando aquellas actividades que no aportan valor, sino que también se ha

minimizado la generación de residuos industriales, aprovechando el reciclaje y reuso de las partes y componentes de los vehículos que han concluido con su ciclo de vida para incorporarlos a los nuevos vehículos. Con estas acciones, logran tanto la reducción de las emisiones de gases contaminantes y CO₂ en la producción de vehículos como la mejora del medioambiente y la sustentabilidad de las comunidades en las que se localizan las plantas de la organización.

Lean manufacturing en BMW

Las empresas manufactureras de la industria automotriz, a nivel global, generalmente están en un continuo cambio para la mejora de sus procesos y sistemas que les permitan la entrega en tiempo y forma de los productos solicitados por los clientes y consumidores, con la calidad requerida y con la minimización del uso de recursos posibles (EFFRA, 2016), lo cual requiere que las empresas manufactureras estén en la búsqueda de nuevas prácticas que mejoren los niveles de producción (Esmailian *et al.*, 2016). Así, el *lean manufacturing* no solamente es uno de los conceptos más utilizados por diversos investigadores, académicos y profesionales de la industria para la mejora de las actividades de producción, sino que también es una de las estrategias empresariales más utilizadas en la actualidad por las empresas, entre ellas las que integran la industria automotriz —como es el caso de BMW— para mejorar la eficiencia de sus procesos y sistemas de producción (Kolberg *et al.*, 2017).

En este sentido, en la literatura comúnmente se establece que el *lean manufacturing* puede ser considerado como una estricta integración de los recursos humanos en los procesos de la manufactura, el desarrollo de actividades de mejora continua y la adición de valor a las actividades productivas a través de la reducción de los residuos industriales que generan las empresas manufactureras (Mrugalska y Wyrwicka, 2017). Sin embargo, los rápidos cambios tanto en la tecnología como en los gustos y preferencias de los clientes y consumidores finales, que se están suscitando recientemente en el mercado global, están presionando cada vez más a las empresas manufactureras de la industria automotriz, entre ellas a BMW, para la realización de cambios sustanciales tanto en sus sistemas operativos como en los sistemas de gestión para cumplir con las necesidades del mercado (Paiva *et al.*, 2021).

Adicionalmente, a pesar de que el *lean manufacturing* ha sido adoptado e implementado con éxito en diversas empresas manufactureras de la industria automotriz, entre ellas BMW (Kolberg *et al.*, 2017; Danese *et al.*, 2018), y ha mejorado sustancialmente una alta variedad de productos, la secuencia fija en los procesos de producción y la secuencia en los ciclos de los tiempos de los procesos de producción, generalmente, no pueden ser sustituidos por una producción en masa de productos personalizados que demandan los clientes y consumidores en el mercado global actual (Kolberg y Zühlke, 2015; Kolberg *et al.*, 2017). Como resultado de lo anterior, investigadores, académicos y profesionales de la industria consideran a las actividades del *lean manufacturing*, como una estrategia empresarial que puede ayudar a mejorar significativamente las actividades de manufactura en términos de la productividad, calidad y flexibilidad, así como a gestionar adecuadamente los cambios requeridos tanto al interior como al exterior de la organización (Lu y Weng, 2018).

Además, las actividades del *lean manufacturing* habitualmente son consideradas en la actual literatura como la integración de las mejores prácticas en las empresas manufactureras de la industria automotriz (Martínez *et al.*, 2016), que comúnmente requiere para su adopción e implementación la integración de sus sistemas de tecnología con todos los procesos de producción de la organización (Wagner *et al.*, 2017). Por ello, investigadores y académicos consideran que el *lean manufacturing* debe involucrar de manera gradual los sistemas de tecnología con los procesos de producción a largo plazo, ya que esta integración es muy importante, no solo para generar e incrementar el valor en los sistemas de manufactura de la empresa en su totalidad (Paiva *et al.*, 2021), sino

también para incrementar el nivel del rendimiento financiero de las empresas manufactureras de la industria automotriz (Tortorella *et al.*, 2018; Rossini *et al.*, 2019; Kamble *et al.*, 2019).

Para iniciar con el análisis de la información referente a la implementación de la filosofía del *lean manufacturing* en BMW, en particular en las plantas ubicadas en México, se presentará, en primer lugar, la información referente a la empresa y, posteriormente, se presentará la información referente a los desafíos que tiene la organización de cara al cumplimiento de sus metas y objetivos de sustentabilidad.

<i>Clúster</i>	<i>Tema principal</i>
Soluciones de movilidad	Emisiones de contaminantes vehiculares Tecnologías alternativas de transmisión Seguridad del producto Conducción conectada y autónoma Conceptos y servicios de movilidad
Descarbonización	Eficiencia de combustible y emisiones de CO ₂ del vehículo Eficiencia energética y emisiones de CO ₂ en la cadena de valor Tecnologías alternativas de transmisión Estándares ambientales y sociales en la cadena de suministro Conceptos y servicios de movilidad Diseño para reciclaje
Economía circular	Diseño para reciclaje Estándares ambientales y sociales en la cadena de suministro
Cadena de suministro sustentable	Derechos humanos Eficiencia energética y emisiones de CO ₂ en la cadena de valor Seguridad y salud en el trabajo Estándares ambientales y sociales en la cadena de suministro Combatir la corrupción y el comportamiento anticompetitivo
Empleados y cultura	Seguridad y salud en el trabajo Lugar de trabajo atractivo, identificación y retención de talentos Diversidad e igualdad de oportunidades Desarrollo de empleados, capacitación y educación
Responsabilidad y asociaciones	Cuestiones generales

Tabla 26. Cuestiones claves de sustentabilidad del Grupo BMW. Fuente: Sustainable Value Report 2018 Grupo BMW (PricewaterhouseCoopers, 2019).

La tabla 26 muestra las cuestiones claves de sustentabilidad de BMW, las cuales tienen como objetivo identificar en tiempo y forma los temas que puedan traer oportunidades y riesgos actuales y futuros para la organización, de tal manera que estén en condiciones de orientar las actividades en consecuencia. Así, el desarrollo de estas actividades conlleva el realizar un seguimiento del discurso público y la agenda política a nivel global, como por ejemplo la Conferencia Mundial sobre el Clima o los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos en las Naciones Unidas para el desarrollo sustentable, lo cual permite una retroalimentación con sus grupos de interés en las reuniones que generalmente realiza BMW con sus principales socios comerciales, lo cual ayuda a la organización a estar siempre informados sobre las tendencias y expectativas con respecto a la sustentabilidad.

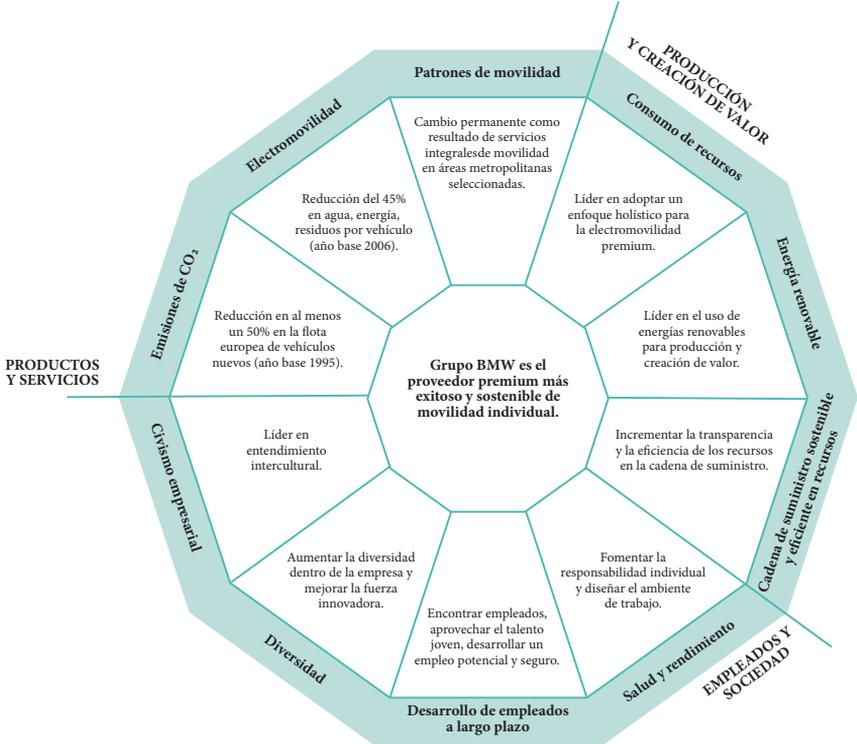


Figura 11. Objetivos de sustentabilidad del Grupo BMW. Fuente: Sustainable Value Report 2018 Grupo BMW (PricewaterhouseCoopers, 2019).

Con la finalidad de lograr la misión de ser el Proveedor Premium de movilidad individual más exitoso y sustentable a nivel global, el Grupo BMW estableció 10 objetivos estratégicos para el 2020, los cuales se muestran en la figura 11. Se definieron a partir de la observación de las tendencias externas de manera continua utilizando un «Radar Ambiental», y se centran prácticamente en tres áreas claves: 1) productos y servicios; 2) producción y creación de valor; y 3) empleados y sociedad. Particularmente, los tres objetivos básicos de sustentabilidad que tiene BMW son:

- Para 2020, Grupo BMW habrá reducido las emisiones de CO₂ en la flota europea de vehículos nuevos (EU-28) en al menos un 50 % en comparación con el año base 1995.
- Grupo BMW es líder en adoptar un enfoque holístico para la electromovilidad Premium.
- Grupo BMW habrá cambiado permanentemente los patrones de movilidad en áreas metropolitanas seleccionadas para 2020 mediante la introducción del servicio de movilidad integrado.

Adicionalmente, los problemas globales, como el cambio climático y la urbanización de la tierra, constituyen dos desafíos sustanciales para las empresas manufactureras de la industria automotriz, a lo cual se suman las condiciones divergentes del mercado mundial. Al mismo tiempo, estos problemas globales representan grandes oportunidades para todas las empresas de la industria automotriz que tienen como objetivos y metas la sustentabilidad, como es el caso de BMW, quien está transformando su cartera de productos para hacer que su plataforma de vehículos, los diseños de los vehículos y los procesos de producción sean más flexibles y se adapten a los requerimientos y necesidades del mercado global. Por ello, para lograr estos objetivos, BMW ha adoptado e implementado en la totalidad de sus plantas productivas alrededor del mundo el *lean manufacturing*, que es una de las estrategias empresariales más utilizadas en la industria automotriz.

Asimismo, las actividades del *lean manufacturing* ofrecen diversas oportunidades para que no solo BMW sino cualquier otra empresa manufacturera de la industria automotriz que opere de manera sostenible, desarrollen productos que sean más amigables con el medioambiente y generen un menor nivel de contaminación de CO₂. Así, las actividades del *lean manufacturing* permitirán que BMW esté ofreciendo en el mercado mundial vehículos equipados

con transmisiones totalmente eléctricas, vehículos híbridos enchufables o con motores de combustión altamente eficientes. Además, BMW está mejorando continuamente sus servicios de movilidad con soluciones innovadoras para la movilidad urbana y se está avanzando en la digitalización de la totalidad de sus servicios, lo cual le permitirá a BMW la mejora de la calidad de vida en las ciudades y aprovechar las oportunidades de mercado para el desarrollo de productos premium sustentables.

En este sentido, en los gráficos y tablas que se presentarán en los siguientes párrafos, se tratarán de exponer ante los lectores los resultados más importantes que se consideran, a nuestro juicio, de las actividades del *lean manufacturing*, adoptadas e implementadas por el Grupo BMW en los últimos cinco años, así como del impacto social, económico, medioambiental y sustentable en las localidades donde se localizan sus plantas productivas.

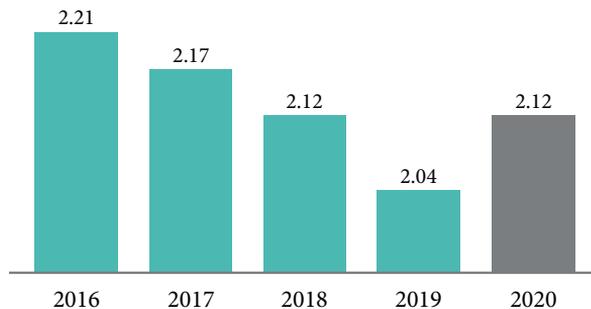


Gráfico 56. Consumo de energía por vehículo producido (MWh/vehículo). Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

El gráfico 56 muestra el consumo de energía por cada vehículo producido por BMW. Se aprecia una disminución sustancial en el consumo de energía en los últimos cinco años, al pasar de 2.21 MWh por vehículo en el año 2016 a 2.04 MWh por vehículo en el año 2019. Sin embargo, el consumo de energía por vehículo producido durante el año 2020 registró un incremento sustancial con respecto al obtenido en 2019, al registrar 2.12 MWh por vehículo, derivado del incremento en los niveles de producción después de que diversas plantas tuvieron que cerrar temporalmente sus puertas debido a la pandemia del covid-19.

Con respecto al consumo de agua por vehículo producido, en el gráfico 57 se observa la existencia de una disminución en el año 2017, al pasar de 2.25

m³ por vehículo producido en el año 2016 a 2.22 m³ por vehículo en 2017. Sin embargo, en el año 2018 se registró un incremento sustancial en el consumo de agua, al pasar a 2.39 m³ por vehículo; pero durante el año 2019 se registró una disminución, al registrar 2.32 m³ por vehículo; y para el año 2020 se disminuyó aún más el consumo de agua, al registrar 2.25 m³ de agua por vehículos. Sin embargo, durante los últimos cinco años, la eliminación de agua (agua de las áreas de conservación de la naturaleza) no afectó las fuentes de agua sensibles, ni hay planes al respecto en el futuro.

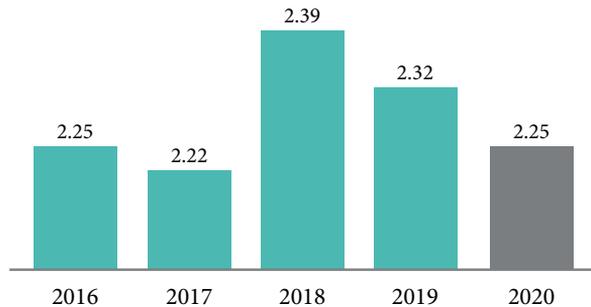


Gráfico 57. Consumo de agua por vehículo producido (m³/vehículo). Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

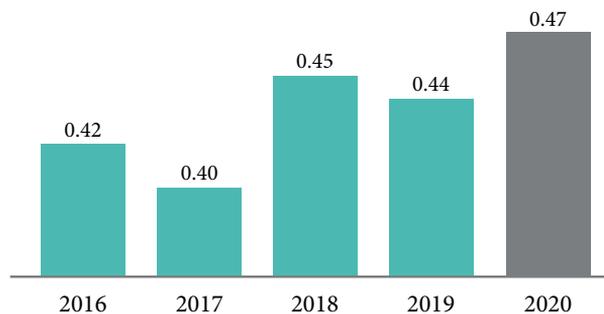


Gráfico 58. Agua residual de proceso por vehículo producido (m³/vehículo). Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

El gráfico 58 muestra el agua residual de procesos por vehículo producido. Se observa la existencia de una disminución durante el año 2017, al registrar 0.40 m³ por vehículo, pero luego se incrementan las aguas residuales en

2018 a 0.45 m³ por vehículo, disminuyendo ligeramente en 2019 y aumentando nuevamente el 2020 a 0.47 m³ por vehículo. Sin embargo, en la totalidad de las plantas de BMW se han introducido estándares de aguas residuales que exceden considerablemente las regulaciones locales. El aumento del volumen de aguas residuales del proceso aumentó ligeramente en los últimos cinco años, debido principalmente a la puesta en marcha de nuevos talleres de pintura en Rosslyn y Dadong, el primer año completo de operación del nuevo taller de pintura en Múnich, así como a los cambios de proceso en los talleres de pintura de Oxford (Reino Unido) y Spartanburg (Estados Unidos).

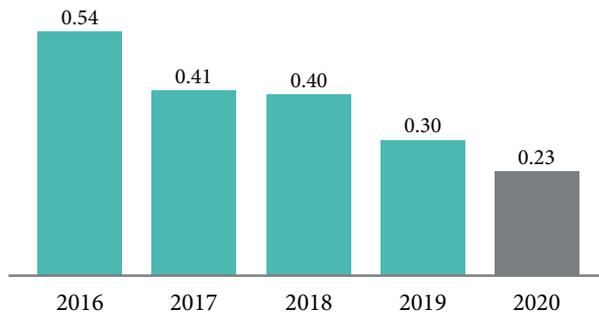


Gráfico 59. Emisiones de CO₂ por vehículo producido (toneladas/vehículo). Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

Con respecto a las emisiones de CO₂ por vehículo producido, en el gráfico 59 se puede observar la existencia de una disminución en las emisiones de CO₂ de las plantas de BMW, al pasar de 0.54 toneladas por vehículo producido en 2016 a 0.23 toneladas de CO₂ en el año 2020. Además, como consecuencia de la disminución de CO₂ en las plantas de BMW se redujo ligeramente las emisiones de CO₂ del total de las empresas de BMW ubicadas en todo el mundo, lo cual indica que las medidas adoptadas por la organización están funcionando.

En lo concerniente a la eliminación de residuos por vehículo producido, el gráfico 60 muestra un incremento en el volumen de residuos en el período de 2016 a 2018, al pasar de 3.51 kilos de residuos por vehículo producido en 2016 a 4.27 kilos de residuos en 2018; pero se reducen los residuos en los dos últimos años, al pasar de 4.09 kilos de residuos por vehículo producido en 2019 a 3.33 kilos en 2020. La razón principal en la reducción de los residuos industriales fueron los cambios estructurales realizados en las plantas de pintura de

BMW a nivel global, en las cuales se reciclaron la mayoría de las aguas y desechos industriales.

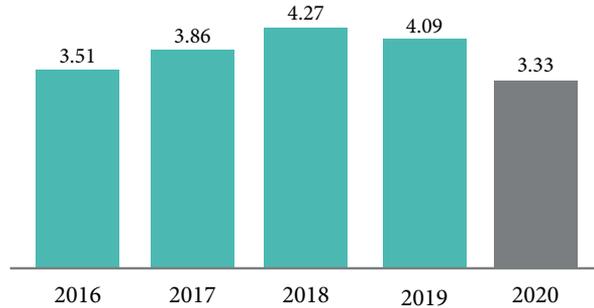


Gráfico 60. Eliminación de residuos por vehículo producido (kilogramos/vehículo). Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

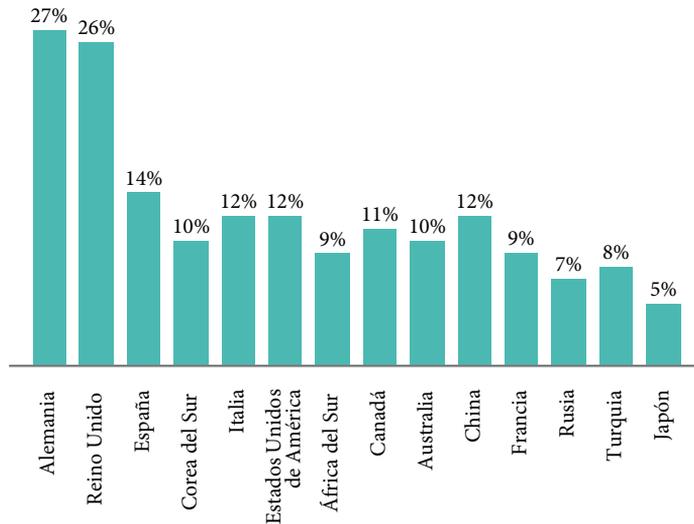


Gráfico 61. Cuota de mercado Premium del mercado total en 2020. Fuente: BMW Group (2020).

El gráfico 61 muestra la cuota de mercado Premium o vehículos de alta gama que tiene BMW en los países en los que tiene presencia. Se puede observar que los principales mercados de BMW son Alemania, con un 27% de la cuota de mercado; Reino Unido, con un 26% de la cuota de mercado; y España, con

un 14 % de la cuota de mercado. Sin embargo, países como Estados Unidos, Italia y China, todos ellos con un 12 % de la cuota de mercado, así como Canadá con una cuota de mercado del 11 %, representan mercados importantes que están en franco crecimiento en el monto total de las ventas.

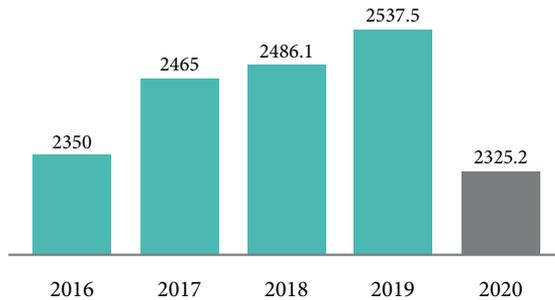


Gráfico 62. Ventas de automóviles (miles de unidades). Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

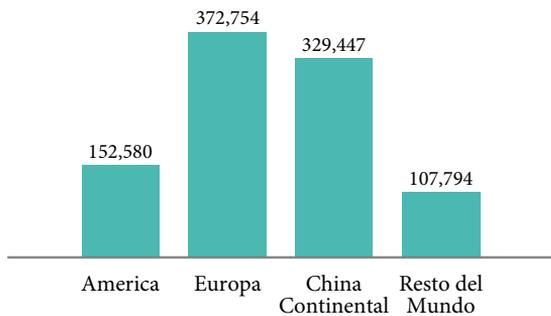


Gráfico 63. Disminución en las ventas de automóviles por continente (unidades). Fuente: BMW Group (2020).

El gráfico 62 muestra las ventas de automóviles BMW en los últimos cinco años, y se puede observar la existencia de un incremento sustancial en las ventas, con excepción del año 2020, al registrar ventas de 2 350 000 automóviles en 2016 a 2 465 000 automóviles en 2017, 2 486 100 automóviles en 2018 y 2 537 500 automóviles en 2019. Sin embargo, durante el año 2020 las ventas disminuyeron considerablemente, derivado de la pandemia del covid-19, por lo que las ventas logradas por BMW registraron una cifra de 2 325 200 automóviles.

Derivado de la pandemia del covid-19, las ventas de BMW disminuyeron considerablemente durante el año 2020, ya que, de acuerdo con los datos del gráfico 63, en América solamente se vendieron 152 580 automóviles durante el primer semestre del año 2020; en Europa se vendieron 372 754 automóviles; en China se vendieron un total de 329 447 automóviles; y en el resto del mundo solamente se lograron tener ventas de 107 794 automóviles durante el primer semestre del año 2020.

<i>Continente</i>	<i>1er Semestre 2020</i>	<i>1er Semestre 2019</i>	<i>Cambio en Porcentaje</i>
Europa	372 754	550 240	-32.30
Alemania	116 362	161 425	-27.90
Gran Bretaña / Irlanda	63 919	120 582	-47.00
América	152 580	219 556	-30.50
Estados Unidos de América	121 318	172 063	-29.50
Asia	416 882	453 876	-8.20
China	329 447	350 577	-6.00
Otros países	251 314	265 516	-5.30
Resto del mundo	20 359	26 789	-24.00
Total	962 575	1 250 470	-23.00

Tabla 27. Principales mercados de BMW. Fuente: BMW Group (2020).

Con respecto a los principales mercados que tiene BMW para la venta de sus automóviles, en la tabla 27 es posible observar una disminución significativa en las ventas de automóviles durante el primer semestre del año 2020, comparado con las ventas registradas en 2019. Así, la mayor caída en las ventas de automóviles se encuentran en Europa, al disminuir en un 32.30 %; particularmente, las ventas se redujeron de manera drástica en Gran Bretaña e Irlanda en un 47 %. Además, las ventas de automóviles también se redujeron notable-

mente en América hasta alcanzar el 30.50 %; particularmente, en Estados Unidos de América se redujeron las ventas en un 29.50 %. Sin embargo, en Asia la reducción de las ventas fue menor que en el resto de los continentes, al disminuir solamente el 8.20 %, especialmente en China, donde las ventas se redujeron en un 6 %. En términos generales, se puede establecer que derivado de la pandemia del covid-19, —que obligó a que la mayoría —si no es que a la totalidad— de las empresas manufactureras de la industria automotriz a cerrar temporalmente sus puertas, se generó una reducción en los niveles de ventas de automóviles a nivel global, y BMW no fue la excepción, pues en el primer semestre de 2020 sus ventas disminuyeron en un 23 %.

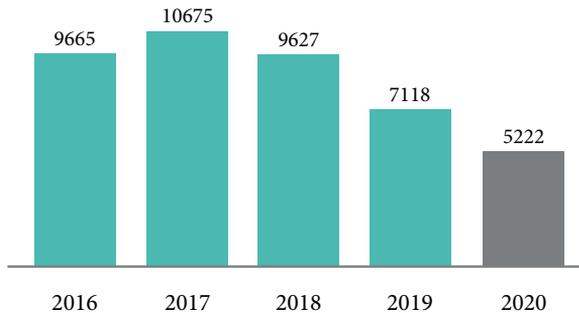


Gráfico 64. Ingresos (millones de euros). Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

El gráfico 64 muestra los ingresos obtenidos por BMW en los últimos cinco años. Se observa un incremento de estos en 2017, comparado con los obtenidos en 2016, al pasar de 9 665 millones de euros en 2016 a 10 675 millones de euros en 2017. Sin embargo, en los últimos tres años se ha registrado una disminución de los ingresos de BMW, al registrar 9 627 millones de euros en 2018, 7 118 millones de euros en 2019 y 5 222 millones de euros en 2020-. Particularmente, en el año 2020 los efectos de la pandemia del covid-19 provocaron esta reducción de los ingresos.

Derivado del desarrollo de las actividades del *lean manufacturing* en BMW, se realizaron ajustes a sus objetivos estratégicos. Así, para el año 2025, los objetivos estratégicos de BMW son aumentar en un 25 % la venta de automóviles eléctricos en el mercado global, así como incrementar en un 22 % la proporción

de mujeres en cargos directivos en todas las empresas de la compañía, ubicadas alrededor del mundo.

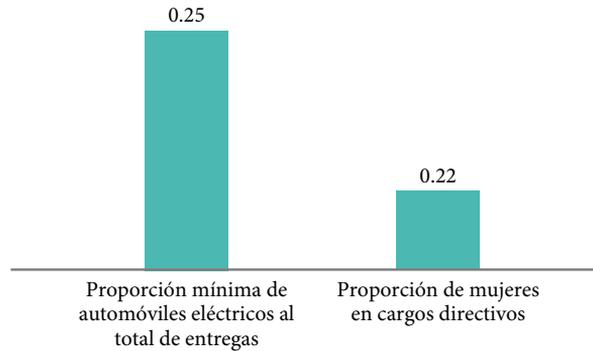


Gráfico 65. Objetivos estratégicos 2025. Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

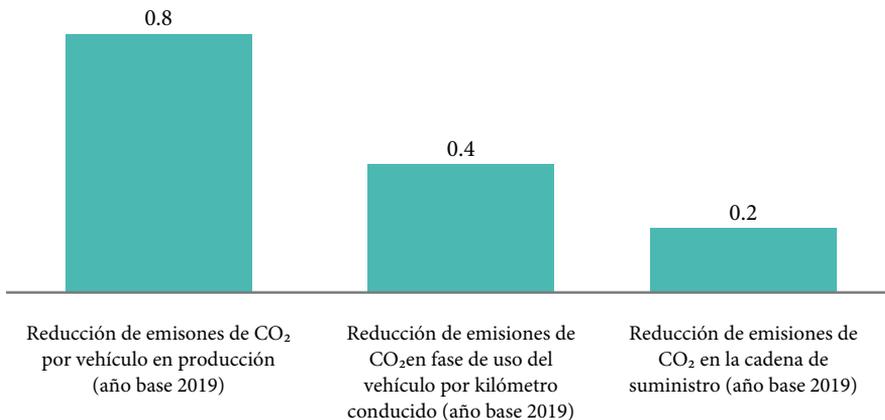


Gráfico 66. Objetivos estratégicos 2030. Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

Con referencia al planteamiento de los objetivos estratégicos de BMW para el año 2030, en el gráfico 66 es posible observar que la organización se ha propuesto lograr una reducción de las emisiones de CO₂ por vehículos producido en un 80 % para el año 2030, así como una reducción en las emisiones de CO₂ en la vida útil de los vehículos que producen en un 40 %, y una reducción

en un 20 % en las emisiones de CO₂ en la totalidad de la cadena de suministro de las empresas que integran su cadena de proveeduría.

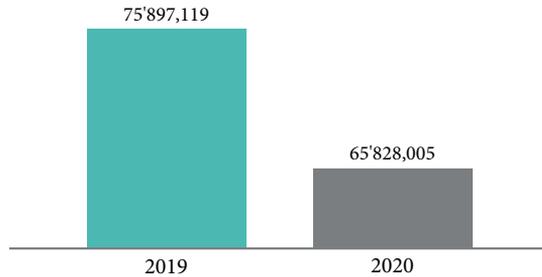


Gráfico 67. Total de emisiones de CO₂. Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

El gráfico 67 muestra las emisiones totales de CO₂ que generan las plantas de BMW ubicadas alrededor del mundo. Se puede apreciar una disminución significativa de las emisiones de CO₂ en el año 2020, al pasar de 75 897 119 kilogramos de CO₂ registrado en 2019 a 65 828 005 kilos de CO₂, lo que significa una reducción de un poco más de un millón de kilogramos de CO₂ que no fueron arrojados a la atmósfera.



Gráfico 68. Compra de energías renovables a terceros (porcentaje). Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

Con respecto a la compra de energías renovables a terceros por parte de BMW, el gráfico 68 muestra un incremento en la compra de este tipo de energía en los últimos cinco años por parte de BMW, con excepción del año 2018, al

pasar de 63 % en el 2016 al 81 % en 2017; para luego disminuir en el 2018 al 78 %, incrementándose nuevamente en el 2019 a 87 %. Para el año 2020, se espera que la compra de energías renovables a terceros sea del 100 %, lo cual permitirá a la organización cumplir con sus objetivos sustentables.

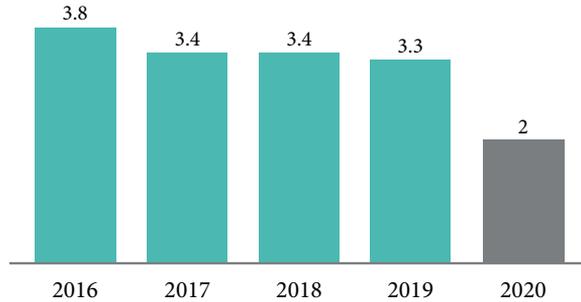


Gráfico 69. Días promedio de capacitación adicional del personal. Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

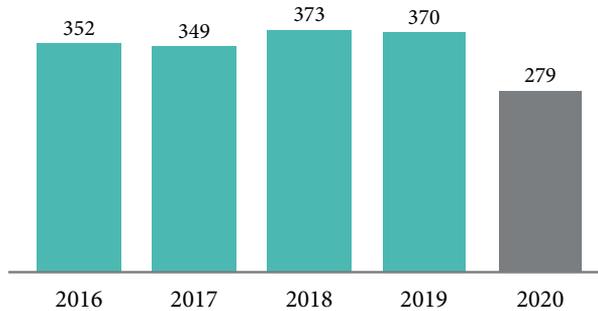


Gráfico 70. Inversión en formación y educación adicional (millones de euros). Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

En lo referente a la capacitación adicional al programa de entrenamiento anual que recibe el personal de BMW, en el gráfico 69 se observa una disminución de los días promedio de capacitación del personal, al pasar de 3.8 días registrados en 2016 a 2 días de capacitación durante el año 2020. Esta reducción de los días de capacitación adicional del personal de BMW en la totalidad de sus plantas productivas ubicadas alrededor del mundo, no significa que el personal recibe una menor cantidad de días de entrenamiento, sino más bien

que se fortalece el programa anual de capacitación del personal a través de una planeación y programación más eficiente y efectiva.

En cuanto a la inversión realizada por BMW en la formación y capacitación adicional de su personal, el gráfico 70 muestra una ligera reducción en el año 2017, al pasar de 352 millones de euros en 2016 a 349 millones de euros en 2017; pero durante el año 2018 se incrementó la inversión en 373 millones de euros; se redujo ligeramente en 2019 a 370 millones de euros; y se reduce aún más durante el año 2020, al registrar solamente 279 millones de euros, lo cual obedece primordialmente al cierre temporal de la mayoría de las plantas de BMW por la pandemia del covid-19.

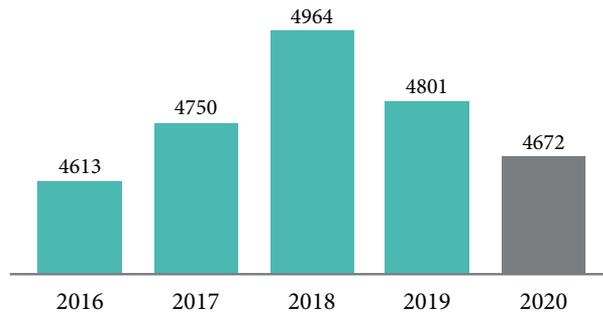


Gráfico 71. Aprendices y participantes en programas de talento joven. Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

En el gráfico 71 es posible observar la cantidad de personas aprendices y participantes en los programas de talento joven de BMW. Se aprecia un crecimiento en los tres primeros años de análisis, al pasar de 4 613 personas registradas en 2016 a 4 964 personas en 2018, reduciéndose la cantidad de personas a 4 801 en el año 2019 y disminuyendo aún más la cantidad de personas y participantes en los programas de talento joven de la empresa a 4 672 en el año 2020, lo cual en este año en particular se debió a la pandemia del covid-19, que afectó a todas las personas alrededor del mundo.

Con referencia a la tasa de atracción de personas que quieren trabajar en las plantas de BMW ubicadas alrededor del mundo, en el gráfico 72 se observa una pequeña reducción de la tasa de atracción, al pasar del 2.7% registrado en 2016 a 2.64% en 2017; pero en 2018 se incrementa ligeramente la tasa de atracción al 2.78% y aumenta aún más en el año 2019, al registrar una tasa del

3.39 % y, particularmente durante el año 2020, se registró el mayor nivel de incremento de la tasa de atracción, al llegar al 5.51 %, un incremento de más del doble de la tasa registrada durante el año 2016.

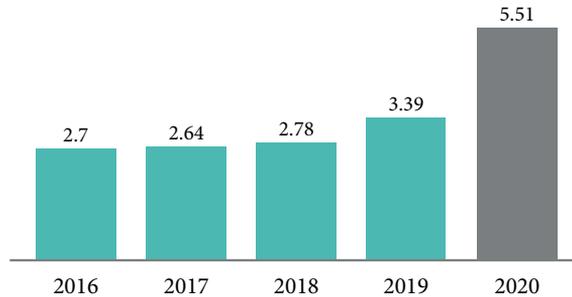


Gráfico 72. Tasa de atracción de empleos. Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

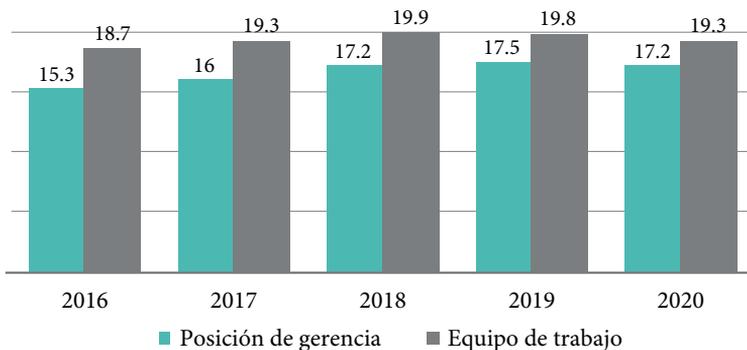


Gráfico 73. Porcentaje de mujeres en cargos directivos. Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

Con respecto al porcentaje de mujeres en cargos directivos que participan en las plantas de BMW establecidas alrededor del mundo, en el gráfico 73 es posible observar un crecimiento esencial en los últimos cinco años, con excepción del año 2020, al pasar del 15.3 % de la posición de gerencia y 18.7 % de los equipos de trabajo registrados en 2016, a 17.5 % de la posición de gerencia y 19.8 % en equipos de trabajo de la participación de las mujeres. Pero en el año 2020

se registró un ligero decremento en la participación de las mujeres en BMW, al registrar el 17.2 % en la posición de gerencia y 19.3 % en los equipos de trabajo.

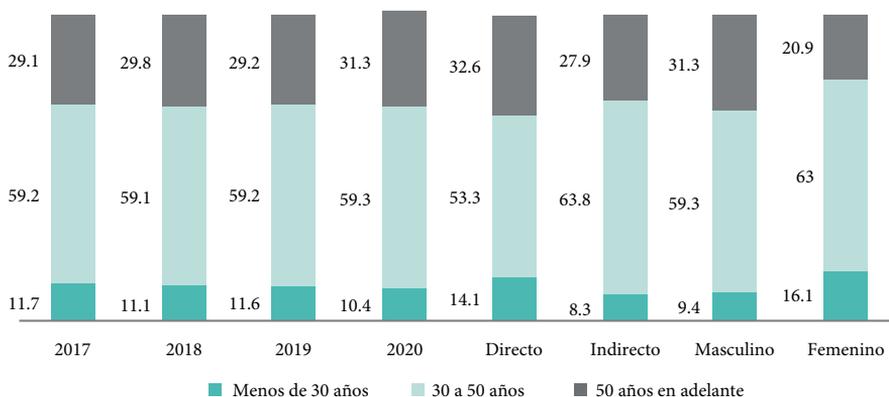


Gráfico 74. Empleados por grupo de edad, divididos en funciones y género. Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

En lo concerniente a los empleados por grupo de edad en razón de las funciones y género, el gráfico 74 muestra que un poco más del 59 % de la totalidad de los empleados de BMW en las plantas establecidas en los diversos países del mundo, tienen una edad de 30 a 50 años, seguido de los empleados que tienen una edad de más de 50 años, los cuales representan alrededor del 30 % en los últimos cuatro años. Además, en el mismo gráfico 74 también se puede observar que un poco más del 60 % de las mujeres y hombres que laboran en BMW tienen una edad de entre 30 y 50 años, así como los trabajadores indirectos, seguidos de las mujeres y hombres con una edad superior a 50 años.

Adicionalmente, en referencia al segmento de motocicletas de BMW, el gráfico 75 muestra un crecimiento en las ventas en los últimos cinco años, con excepción del año 2020, al pasar de 145 mil motocicletas vendidas en 2016 a 164 mil motocicletas en 2017; aumentando ligeramente las ventas en 2018 al registrar 165.6 mil motocicletas y en 2019 al vender BMW 175.2 mil motocicletas. Sin embargo, para el año 2020 se registró un descenso en las ventas de motocicletas de BMW al registrar 169.3 millones de motocicletas; esta reducción de las ventas se debió esencialmente a la pandemia del covid-19 que está padeciendo la sociedad mundial, y que obligó a la mayoría de las empresas de la industria automotriz a cerrar temporalmente sus plantas de producción.

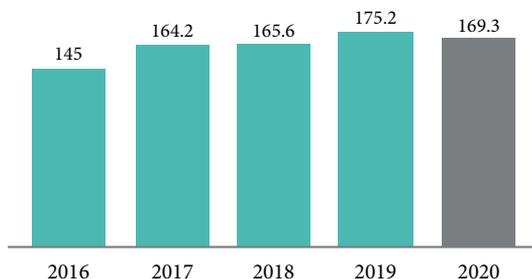


Gráfico 75. Venta de motocicletas (miles). Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

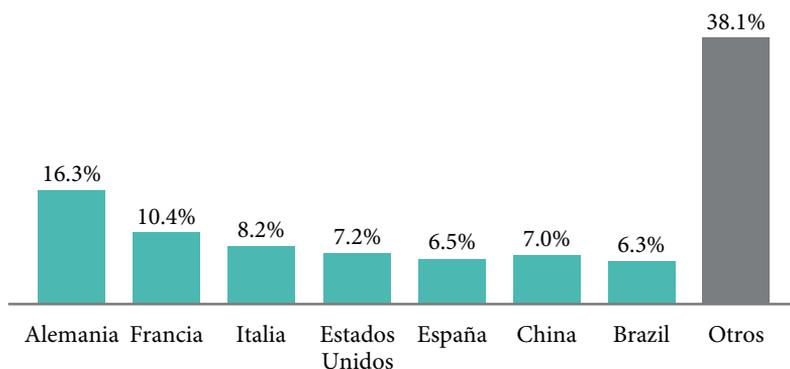


Gráfico 76. Mercados clave de venta de motocicletas en 2020. Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

Con respecto a los mercados clave para la venta de motocicletas de BMW, en el gráfico 76 es posible observar que el mercado más importante para la venta de motocicletas es Alemania con unas ventas de 16.3 % del total de BMW; seguido de Francia, con unas ventas del 10.4 %; Italia con unas ventas del 8.2 %; Estados Unidos con unas ventas del 7.2 %; China con unas ventas del 7 %; España con unas ventas del 6.5 %; y Brasil con unas ventas del 6.3 %.

Finalmente, en cuanto a la venta de vehículos eléctricos a nivel mundial, en el gráfico 77 se puede observar un crecimiento significativo en las ventas de vehículos eléctricos de BMW (BEV), al pasar de 39 519 vehículos eléctricos en 2019 a 44 541 vehículos eléctricos en 2020, para registrar un total de 84 060 vehículos eléctricos en los dos últimos años. Además, el mismo gráfico también muestra un crecimiento significativo en las ventas de vehículos híbridos

(PHEV), al pasar de 106 639 vehículos en 2019 a 148 121 vehículos en 2020 para registrar un total de 254 760 vehículos híbridos en los dos últimos años.

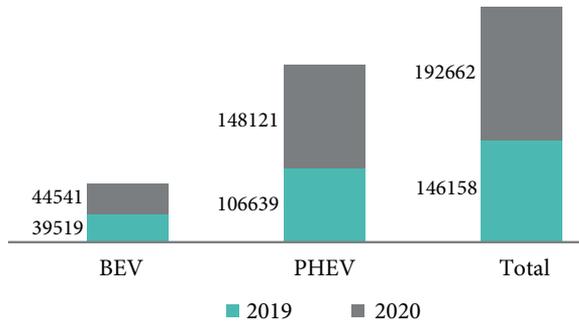


Gráfico 77. Venta de vehículos eléctricos (unidades). Fuente: Información obtenida de BMW Group Report 2020.

En términos generales, es posible concluir que las actividades de *lean manufacturing* que fueron adoptadas e implementadas por el Grupo BMW, le han generado buenos resultados no solamente a BMW, sino también a la totalidad de las empresas que integran la cadena de proveeduría, ya que las actividades implementadas han sido tanto internas como externas a la organización. Además, la implementación de las actividades del *lean manufacturing* le permitieron a BMW no solo disminuir significativamente los impactos negativos al medioambiente a través de la reducción de la emisión de gases contaminantes y de CO₂ a la atmósfera, sino también incrementar significativamente las ventas de sus vehículos y motocicletas en el mercado mundial, lo cual evidentemente conlleva un incremento en los niveles del rendimiento económico y financiero de la organización.

Lean manufacturing en Nissan

El *lean manufacturing* es considerado por investigadores, académicos, profesionales de la industria y empresarios como una de las mejores estrategias empresariales de la manufactura (Paiva *et al.*, 2021), particularmente porque el *lean manufacturing* se refiere a un concepto multidimensional que es acompañado de una filosofía de trabajo oriental (Japón), que se caracteriza por ofrecer a las empresas manufactureras un conjunto de herramientas de gestión que pueden ser implementadas en cualquier tipo de empresas manufactureras y de cualquier sector de la actividad económica (Shah y Ward, 2003). El objetivo fundamental del *lean manufacturing* es la creación de un sistema de alta calidad orientado esencialmente en la adición de valor a la totalidad de las actividades productivas de las empresas manufactureras y eliminando aquellas actividades que no generan valor, a través de la reducción significativa de los residuos industriales (Kolberg *et al.*, 2017; Danese *et al.*, 2018).

Además, las actividades del *lean manufacturing* requieren que las empresas manufactureras de la industria automotriz que estén dispuestas a su adopción e implementación, desarrollen un conjunto de habilidades esenciales (habilidades técnicas y analíticas), que deben ser complementadas con habilidades básicas (habilidades relacionadas con los recursos humanos y con la solución de problemas de grupos de trabajo, de entrenamiento, de relaciones públicas con los proveedores y de involucramiento con los clientes y consumidores), lo cual les podría generar mayores posibilidades de lograr más y mejores resultados empresariales (Shah y Ward, 2007; Bortolotti *et al.*, 2014; Martínez *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2019). Por ello, en la literatura se establece que tanto las habilidades esenciales como las habilidades básicas son fundamentales para mejorar el nivel del rendimiento financiero y empresarial de las empresas manufactureras de la industria automotriz (Hines *et al.*, 2004; Bortolotti *et al.*, 2014).

Adicionalmente, en la literatura se ha aportado evidencia empírica que ha demostrado que el desarrollo de habilidades esenciales y básicas, no solo facilita a las empresas de la industria automotriz la adopción e implementación de las actividades del *lean manufacturing*, sino que también les proporciona, a largo plazo, diversos beneficios económicos y empresariales (Hines *et al.*, 2004; Bortolotti *et al.*, 2014). De hecho, diversas empresas manufactureras tanto de la industria automotriz como de otros sectores de la actividad económico mundial, han fallado y no han obtenido los beneficios esperados en la adopción e implementación de las actividades del *lean manufacturing*, particularmente porque la mayoría de este tipo de empresas solamente se enfocaron en el desarrollo de habilidades esenciales al interior de la organización, y dejaron de lado las habilidades básicas, que están totalmente relacionadas con los recursos humanos (Costa *et al.*, 2019; Akmal *et al.*, 2020).

Sin embargo, las empresas manufactureras que sí consideraron a las habilidades básicas en la adopción e implementación de las actividades del *lean manufacturing*, las cuales fueron implementadas en los distintos procesos de producción y contextos de la actividad económica, lograron mejores resultados (Shah y Ward, 2007). Consecuentemente, las actividades del *lean manufacturing* deberán implementarse en las empresas manufactureras de la industria automotriz de acuerdo a la demanda del mercado en todas sus dimensiones, tales como la calidad de los productos que fabrican, las entregas en tiempo y forma de los productos que se han adquirido y la reducción de los costos de produc-

ción y venta de los productos, los cuales deberán ser totalmente flexibles a los requerimientos y necesidades de los clientes y consumidores globales (Ciano *et al.*, 2019; Akmal *et al.*, 2020).

Para iniciar con el análisis de la información referente a la implementación de la filosofía del *lean manufacturing* en Nissan Motor Corporation, en particular en las plantas ubicadas en México, se presentará en una primera instancia la información referente a los datos generales de la organización y, posteriormente, se presentará la información referente a los desafíos que tiene la empresa de cara al cumplimiento de sus metas y objetivos de sustentabilidad.

Se ha reconocido en la mayoría de las empresas manufactureras de la industria automotriz y en las dependencias gubernamentales, que la industria automotriz tiene una alta dependencia del medioambiente global en formas complejas y diversas, a la vez que también tiene un alto impacto significativo en el medioambiente y la sustentabilidad mundial. Derivado de ello, Nissan Motor Corporation está implementando diversas acciones para promover el cuidado del medioambiente y la sustentabilidad, así como la adopción e implementación de varias medidas para mitigar el cambio climático, reducir la dependencia de la organización de los combustibles fósiles a través del uso de energías renovables, preservar la calidad del aire, hacer buen uso de los recursos minerales, administrar eficientemente las sustancias químicas y promover la buena salud no solamente entre el personal de la organización, sino también entre el personal de todas las empresas que participan en la cadena de proveeduría.

En este sentido, Nissan Motor Corporation, como fabricante de automóviles a nivel global, está tomando medidas eficientes para identificar los distintos impactos medioambientales, directos e indirectos que generan sus actividades industriales, involucrando en ello a todos sus socios comerciales y a la sociedad en general para minimizar los impactos negativos de los procesos de producción, los productos y servicios a lo largo de su ciclo de vida útil. Además, Nissan Motor Corporation reconoce que sus actividades industriales y esfuerzos por mejorar la sustentabilidad y el medioambiente en las comunidades donde se localizan sus plantas de producción, deben ser mejoradas continuamente para proporcionar un mayor valor a la sociedad al brindar una movilidad sustentable para todos y, al mismo tiempo, contribuir a aliviar los impactos negativos al medioambiente asociados con el cambio climático, la dependencia de los recursos naturales, el uso de lagua y otros problemas.

Bajo este contexto, para contribuir positivamente a la solución de los problemas globales medioambientales, Nissan Motor Corporation cree en la importancia de escuchar las diversas voces de la sociedad, con la finalidad de emprender un proceso de evaluación no solamente de las acciones que realiza la organización, sino también para identificar los problemas prioritarios a los cuales se les tiene que dar atención. Como resultado de la aplicación de estas acciones, Nissan Motor Corporation tiene tres áreas prioritarias en las que actualmente está centrando sus actividades y esfuerzos estratégicos como fabricantes de vehículos: uso de energías renovables; uso de los recursos naturales y; uso de los recursos hídricos.



Gráfico 78. Tasa de reducción de emisiones de CO₂ de vehículos nuevos. Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

El gráfico 78 muestra la reducción de emisiones de CO₂ de los vehículos nuevos que produce Nissan, y se observa una reducción significativa en los últimos 10 años, al reducirse en un 37.4 % en el 2020, comparado con el año 2000. Además, Nissan selecciona las tecnologías óptimas de eficiencia de combustible para vehículos particulares y las lanza al mercado, tomando en cuenta factores tales como el espacio dentro del vehículo, el uso y la seguridad. El objetivo es reducir el consumo de combustible y las emisiones de CO₂ sin sacrificar el placer y la facilidad de conducción, ya que Nissan pretende lograr una reducción del 40 % en las emisiones de CO₂ para el año 2022, en comparación con el año fiscal 2000.

En el gráfico 79 se puede observar el número de vehículos eléctricos vendidos en los últimos cinco años por Nissan (modelo Leaf), y se muestra un claro crecimiento de las ventas en los primeros tres años, al pasar de 108 mil

vehículos en 2016 a 217 mil vehículos en el año 2018; registrándose posteriormente una ligera disminución en la venta de vehículos en 2019, al realizar ventas de 204 mil vehículos eléctricos, y disminuyendo aún más durante el año 2020, al registrar unas ventas de 191 mil vehículos eléctricos.

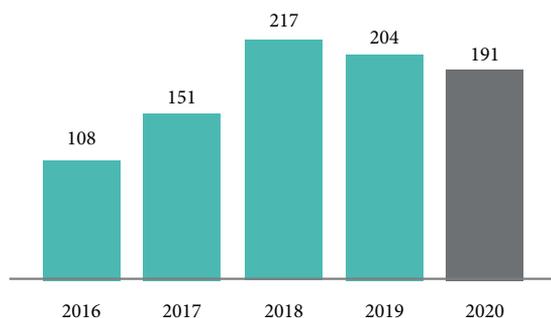


Gráfico 79. Número de vehículos eléctricos vendidos (miles de unidades). Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

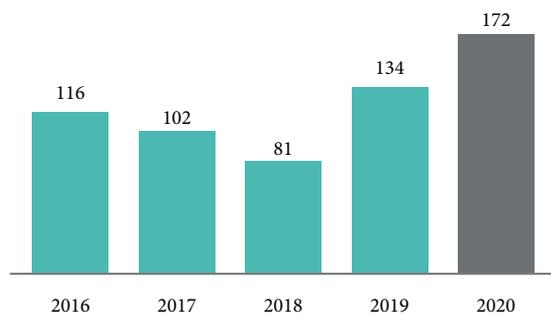


Gráfico 80. Número de vehículos híbridos vendidos (miles de unidades). Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

Con respecto al número de vehículos híbridos vendidos por Nissan, el gráfico 80 muestra un reducción significativa en el año 2018 con respecto a las ventas registradas en el año 2016, al pasar de 116 mil vehículos en 2016 a 81 mil vehículos en 2018. Sin embargo, las ventas de este tipo de vehículos aumentaron sustancialmente en el año 2019 al registrar unas ventas de 134 mil vehículos, y se incrementaron aún más las ventas de vehículos híbridos en el 2020 al registrar ventas de 172 mil vehículos. Además, Nissan también está ampliando el

uso de su sistema híbrido para vehículos de tracción delantera que se combina con la transmisión Xtronic en los modelos Pathfinder e Infiniti QX60. Nissan lanzó el X-Trail Hybrid en el año 2015 con la expansión de su modo de vehículo eléctrico (EV), y la operación del modo de sistema optimizado para ofrecer una economía de combustible mejorada en un 25 % en comparación con vehículos convencionales similares, logrando una reducción significativa en el consumo de combustible que cualquier otro vehículos de su clase.

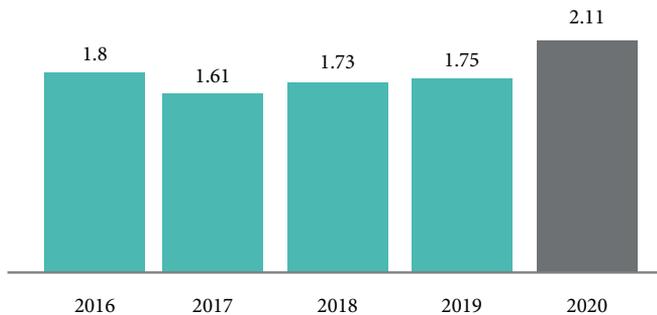


Gráfico 81. Consumo de energía por vehículo producido (MWh/vehículo). Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

En lo referente al consumo de energía por vehículo producido, en el gráfico 81 es posible observar una disminución del consumo de energía en el año 2017, al pasar de 1.80 MWh por vehículo producido en 2016 a 1.61 MWh por vehículo producido en 2017; aumentando el consumo de energía ligeramente durante el año 2018 al registrar 1.73 MWh por vehículo producido, al igual que en el año 2019, al registrar 1.75 MWh por vehículo producido, pero el incremento mayor en el consumo de energía se encuentra en el año 2020 al registrar 2.11 MWh por vehículo producido.

Además, es importante establecer que la mayoría de las emisiones de CO₂ de las empresas manufactureras de la industria automotriz provienen del consumo de energía generada por combustibles fósiles. Consciente de esta situación, Nissan Motor Corporation tiene dentro de sus objetivos el ahorro de energía en los procesos de fabricación de los vehículos, lo cual le permitirá reducir significativamente las emisiones de CO₂. Para ello, la organización está introduciendo tecnología verde en los procesos de producción de los vehículos, equipo y maquinaria altamente eficiente, mejorando las técnicas de produc-

ción e implementando sistemas de iluminación de bajo consumo, particularmente en los procesos de pintura de los vehículos de tres líquidos.

Adicionalmente, alrededor del 30 % del total de las emisiones de CO₂ de las empresas de la industria automotriz a nivel mundial provienen de los procesos de pintura de los vehículos, por lo cual al acotar o eliminar las etapas de horneado dentro del proceso de pintura de los vehículos nuevos, se reducen las emisiones de CO₂ a la atmósfera. En este sentido, el proceso de pintura de tres humedades, adoptado e implementado por Nissan Motor Corporation, elimina la necesidad de hornear entre las capas de imprimación y las capas de acabado, ya que las capas se aplican sucesivamente antes de hornear, logrando una reducción en las emisiones de CO₂ de más del 30 %. En 2013, la compañía introdujo este proceso en Nissan Motor Kyushu en Japón, la Planta Smyrna en los Estados Unidos, la Planta Nissan II de Aguascalientes en México, la Planta Resende en Brasil y en la Planta COMPAS de Aguascalientes, en México, una empresa conjunta con Daimler México.

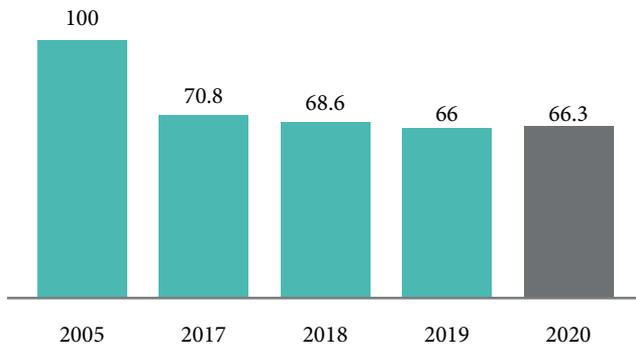


Gráfico 82. Porcentaje de emisiones de dióxido de carbono por vehículo producido. Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

El gráfico 82 muestra las emisiones de dióxido de carbono por vehículo producido. Se observa una reducción sustancial en el porcentaje de emisiones de dióxido de carbono en la última década, al disminuir en un 29.2 % durante el año 2017 considerando las emisiones al 100 % en el año 2005, reduciéndose aún más en el año 2018 en un 31.4 %, en un 34 % en el año 2019 y en un 33.7 % para el año 2020. Esto representa un progreso constante hacia el logro de la meta de

Nissan Motor Corporation para el año 2022 de lograr una reducción del 40 % de las emisiones corporativas generales de dióxido de carbono.

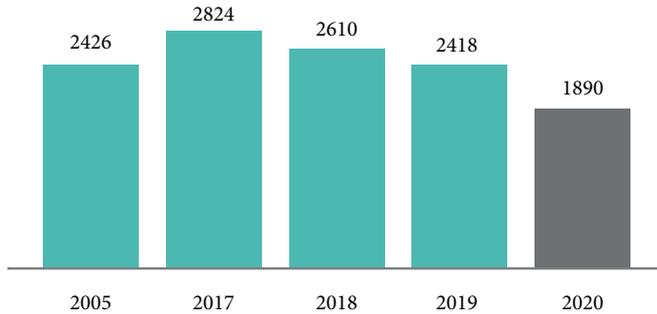


Gráfico 83. Emisiones de dióxido de carbono en las actividades de producción (miles de toneladas de CO₂). Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

En el gráfico 83 se puede apreciar la emisión total de dióxido de carbono emitido en las actividades de producción de Nissan, y se observa un incremento sustancial en las emisiones durante el año 2017, al pasar de 2 426 mil toneladas de CO₂ en el año 2016 a 2 824 mil toneladas de CO₂ en 2017, reduciéndose durante el año 2018 a 2 610 mil toneladas de CO₂ y logrando una reducción todavía mayor durante el año 2019 al registrar 2 418 mil toneladas de CO₂, y aún más se redujo en el año 2020 al generar solamente 1 890 mil toneladas de CO₂ en la totalidad de las plantas de Nissan ubicadas alrededor del mundo.

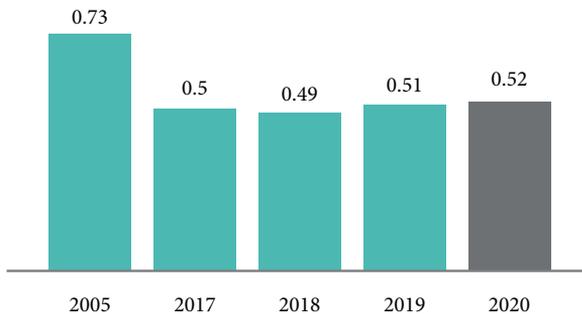


Gráfico 84. Emisiones de CO₂ por vehículo producido (t/vehículo). Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

Con respecto a las emisiones de CO₂ por vehículo producido, el gráfico 84 muestra una reducción significativa en el año 2017, al pasar de 0.73 toneladas de CO₂ por vehículo producido en 2005 a 0.5 toneladas de CO₂ por vehículo producido en 2017; reduciéndose ligeramente durante el año 2018 al generar 0.49 toneladas de CO₂ por vehículo producido. Sin embargo, para el año 2019 se incrementaron las emisiones de CO₂ por vehículo producido en Nissan, al registrar en ese año 0.51 toneladas; y para el año 2020 se incrementó a 0.52 toneladas de CO₂ por vehículo producido.

	<i>Unidad</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>
Total	t/CO ₂	1 926 477	1 567 248	1 462 982	1 144 338	891 817
Entrante*	t/CO ₂	809 088	739 610	762 314	582 957	392 014
Saliente*	t/CO ₂	1 117 389	827 638	720 667	561 381	499 803
<i>Tipo de transporte</i>						
Marítimo		18.0	20.0	19.9	21.1	20.1
Terrestre		62.0	64.6	60.3	64.1	65.9
Ferrocarril		6.0	7.0	6.7	5.9	6.7
Aéreo		15.0	8.4	13.1	8.9	7.4

Tabla 28. Emisiones de CO₂ en las actividades de logística. Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

* Entrante: incluye la adquisición de piezas de proveedores y el transporte de piezas de desecho.

* Saliente: incluye el transporte de vehículos completos y piezas de servicio.

En la tabla 28 se pueden observar las emisiones totales de CO₂ en las actividades de logística de Nissan Motor Corporation, y se muestra una reducción significativa en las emisiones de logística en los últimos cinco años, al pasar de 1 926 477 toneladas de CO₂ registradas en el año 2016 a solamente 891 817 toneladas de CO₂ en 2020, lo cual representa una reducción del 46.29 % en las emisiones de CO₂. Asimismo, una contribución sustancial a la reducción de las emisiones globales de CO₂ en las actividades de logística de Nissan Motor Corporation, fue la disminución del uso del transporte aéreo, así como la optimización en la frecuencia de las entregas y las rutas de transporte, las mejoras en las especificaciones del embalaje de las partes de los vehículos y la reducción

del número de camiones de transporte para la entrega de los avíos a las plantas de producción.

Además, Nissan Motor Corporation ha tomado una serie de medidas para mejorar las tasas de llenado de los contenedores donde se transportan los distintos avíos para la producción de los vehículos: a través de la utilización de un *software* de simulación para el correcto llenado de los contenedores de 40 pies de altura; o bien, simulaciones en el *software* que reducen significativamente el desperdicio del espacio en los contenedores. En este sentido, cerca del 80 % de los vehículos de Nissan Motor Corporation producidos en las plantas de Japón actualmente se transportan vía marítima, y los envíos de los avíos desde las áreas cercanas a Tokio se realizan esencialmente por ferrocarril y barco.

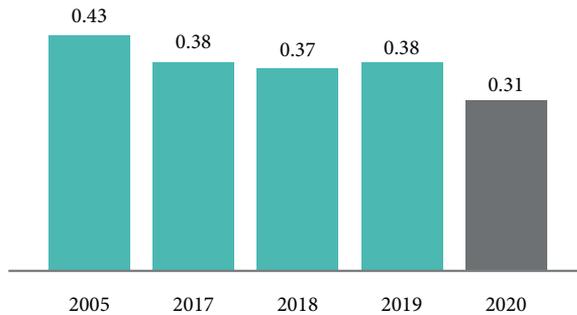


Gráfico 85. Emisiones de CO₂ por vehículo transportado (t/vehículo). Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

Adicionalmente, en las plantas de Nissan Motor Corporation que se localizan fuera de Japón, los medios de transporte se seleccionan de acuerdo a las condiciones geográficas locales, de tal manera que se dé prioridad al transporte de vehículos por ferrocarril y barco en lugar del transporte terrestre, dependiendo del destino de los vehículos y los avíos. Así, Nissan está promoviendo en todas sus plantas automotrices, localizadas alrededor del mundo, el uso de buques energéticamente eficientes para los envíos de los vehículos y avíos, ya que una de sus principales metas es expandir las operaciones logísticas globales para eficientar el transporte y lograr una reducción del 12 % en las emisiones de CO₂ para el año 2022, en comparación con los niveles registrados en el año 2005.

En lo referente a las emisiones de CO₂ por vehículo transportado, en el gráfico 85 es posible observar una reducción significativa en el año 2017, al pasar de 0.43 toneladas por vehículo transportado en 2005 a 0.38 toneladas de CO₂ por vehículo transportado en 2017, y se redujo ligeramente la emisión de CO₂ durante el año 2018 al registrar 0.37 toneladas por vehículo transportado. Sin embargo, en el año 2019 se registró un ligero incremento en la emisión de CO₂ por vehículo transportado, al generar 0.38 toneladas por vehículo transportado; pero se redujeron las emisiones de CO₂ para el año 2020, al registrar solamente 0.31 toneladas por vehículo transportado.

	<i>Unidad</i>	2016	2017	2018	2019	2020
NOX	Toneladas	430	619	418	380	364
SOX	Toneladas	3	36	34	14	10

Tabla 29. Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV). Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

La tabla 29 muestra las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), y se aprecia la existencia de un incremento sustancial en el año 2017 de las emisiones de NOX y SOX, al pasar de 430 y 10 toneladas en 2016, respectivamente; y a 619 y 36 toneladas en 2017, respectivamente. Sin embargo, en los tres últimos años se han reducido las emisiones de NOX y SOX significativamente, al pasar de 418 y 34 toneladas en el año 2018, respectivamente, a solamente 364 y 10 toneladas durante el año 2020, respectivamente. En este sentido, Nissan Motor Corporation logró una reducción del 58.80 % las emisiones de NOX y del 27.77 % de las emisiones de SOX por superficie pintada en los vehículos producidos durante el año 2020 en comparación con las emisiones registradas en el año 2017.

Adicionalmente, es importante establecer que los COV son diminutas partículas que se evaporan fácilmente y se vuelven gaseosos en la atmósfera, y representan alrededor del 90 % de los químicos liberados en el proceso de producción de los vehículos de Nissan. Sin embargo, Nissan Motor Corporation tiene dentro de sus metas la recuperación de los solventes y otros químicos emitidos por la totalidad de sus plantas ubicadas alrededor del mundo, antes de la implementación de nuevas regulaciones en cada uno de los países donde operan, así como la introducción de líneas de pintura a base de agua que limi-

tan las emisiones de COV a menos de 20 gramos por metro cuadrado de superficie pintada, particularmente en las plantas de Nissan en Kyushu en Japón, en las dos plantas de Aguascalientes en México, la planta Resende en Brasil, la Planta Smyrna en los Estados Unidos de América y la Planta Huadu en China.

	<i>Unidad</i>	2016	2017	2018	2019	2020
Total	Toneladas	11 933	10 564	8 433	6 465	4 742
<i>Continente</i>						
Japón	Toneladas	3 580	3 232	2 188	2 016	1 420
América del Norte	Toneladas	4 851	4 284	3 847	3 135	2 294
Europa	Toneladas	3 502	3 048	2 397	1 315	1 028

Tabla 30. Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) por continente. Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

La tabla 30 muestra las emisiones de COV generadas en las plantas de Nissan en los tres continentes en las que se ubican, y se observa una reducción significativa en las emisiones en los últimos cinco años, al pasar de 11 933 toneladas de COV emitidas durante el año 2016 a solamente 4 742 toneladas de COV emitidas en el año 2020, lo cual representó una reducción del 39.73 % y coloca a Nissan Motor Corporation cerca de lograr la meta que tiene para el año 2020 de reducir las emisiones de COV en un 40 %, para lo cual la organización continúa con la promoción de actividades para reducir las emisiones de COV, como, por ejemplo, el cambio de materiales de pintura a base de agua.

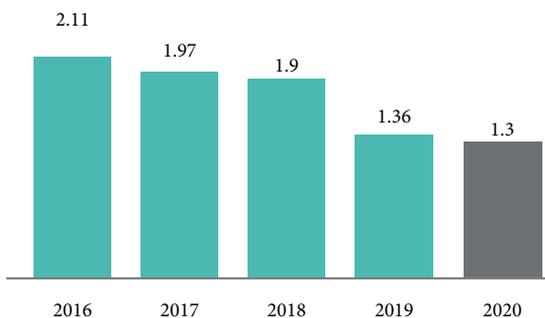


Gráfico 86. COV por vehículo producido (kg/vehículo). Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

En lo que respecta a las emisiones de COV por vehículo producido, el gráfico 86 muestra la existencia de una reducción sustancial en las emisiones de COV por vehículo producido en los últimos cinco años, al pasar de 2.11 kilogramos de COV por vehículo producido registrados en el año 2016 a solamente 1.30 kilogramos de COV por vehículo producido en el año 2020, lo cual representó una disminución del 61.61 %. La disminución de las emisiones de COV en Nissan Motor Corporation se debió principalmente a la instalación de plantas de pintura de última generación en Smyrna, Tennessee, en la cual se establecieron nuevos estándares de calidad, eficiencia e impactos ambientales, ya que es capaz de reducir el consumo de energía en un 30 %, las emisiones de dióxido de carbono en un 30 % y las emisiones de COV en un 70 %, al utilizar un innovador proceso de pintura de tres humedades que aplica las tres capas de pintura en sucesión, antes de que el vehículo entre al horno.

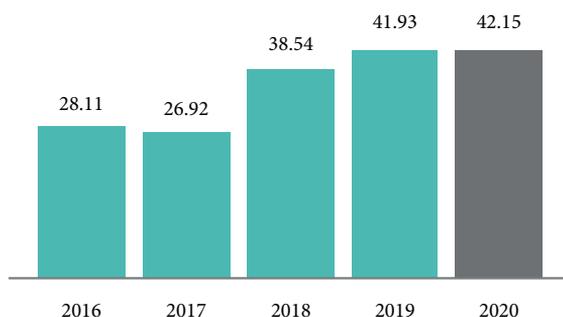


Gráfico 87. Residuos por vehículo producido (kg/vehículo). Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

En relación a la generación de residuos por vehículo producido, en el gráfico 87 es posible observar una disminución de los residuos durante el año 2017, al pasar de 28.11 kilogramos de residuos por vehículo producido registrados en 2016 a 26.92 kilogramos de residuos en el año 2017. Sin embargo, en los últimos tres años se ha incrementado la generación de residuos en Nissan Motor Corporation, al pasar de un registro de 38.54 kilogramos de residuos por vehículo producido durante 2018 a 42.15 kilogramos de residuos por vehículo producido durante el año 2020, lo cual representó un incremento del 49.94 %.

Con respecto a los objetivos de Nissan para el uso de agua por vehículo producido, el gráfico 88 muestra que se consideró el año 2010 como año base

para el desarrollo de los objetivos y metas en la reducción del consumo de agua por vehículo producido; y se observa en el mismo gráfico que para el año 2020 se registró una disminución en el consumo de agua por vehículo producido en un 16 %. El objetivo es que para el año 2022 el consumo de agua por vehículo producido se reduzca en un 21 % en la totalidad de las plantas que tiene Nissan Motor Corporation alrededor del mundo.

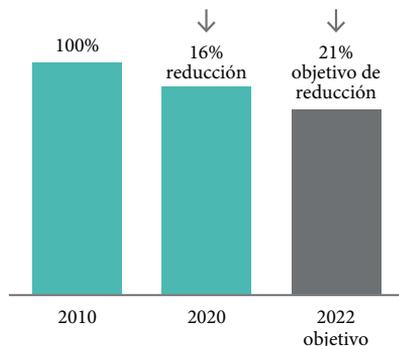


Gráfico 88. Objetivos del uso de agua por vehículo producido (global). Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

	Unidad	2016	2017	2018	2019	2020
Total	1 000 m ³	29 118	26 197	26 420	23 656	21 159
<i>Por Continente</i>						
Japón	1 000 m ³	15 563	13 115	13 022	11 918	10 797
América del Norte	1 000 m ³	5 483	4 905	4 930	4 768	3 888
Europa	1 000 m ³	2 299	2 155	2 093	1 792	1 373
Otros	1 000 m ³	5 774	6 023	6 376	5 178	5 101

Tabla 31. Uso del agua en la producción de vehículos (global). Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

En cuanto al consumo de agua en la producción de vehículos, en la tabla 31 es posible observar una disminución significativa en el consumo de agua en la producción de vehículos en los últimos cinco años, al pasar de 29 118 mil m³ registrados en el año 2016 a 21 159 mil m³ utilizados durante el año 2020, lo cual representó una disminución del 27.33 %. Así, las diversas plantas que produ-

cen vehículos y piezas de Nissan Motor Corporation ubicadas en todo el mundo, utilizan agua como parte de su proceso productivo, por lo cual Nissan está realizando esfuerzos por reducir sustancialmente el uso del agua en todas sus plantas, con el objetivo de lograr una reducción del 21 % por vehículo producido para el año 2022. Por lo tanto, con la reducción del 16 % del uso del agua por vehículo producido en 2020 y con la construcción de reservorios para la recolección de agua de lluvia en las plantas de Chennai en la India y la Planta II de Aguascalientes en México, y la instalación de equipos de aguas residuales en las plantas de Chennai en la India, de Huadu en China y de Oppama en Japón, Nissan está más cerca de lograr su objetivo.

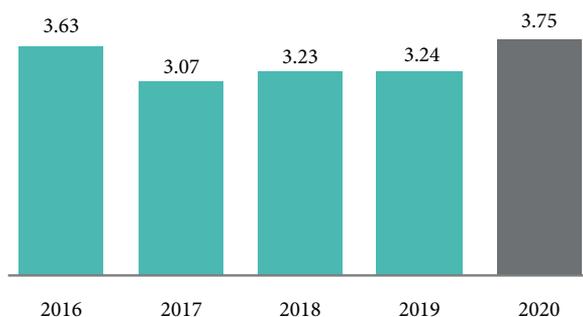


Gráfico 89. Descarga de aguas residuales por vehículo producido (m³/vehículo). Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

El gráfico 89 muestra la descarga de aguas residuales por vehículo producido, y se observa una disminución sustancial en el año 2017, al pasar de 3.63 m³ por vehículo producido en el año 2016 a 3.07 m³ por vehículo producido en el año 2017. Sin embargo, en los tres últimos años se registró un ligero incremento en la descarga de aguas residuales, al pasar de 3.23 m³ de aguas residuales por vehículo producido en 2018 a 3.75 m³ de aguas residuales durante el año 2020, lo cual se incrementó en 0.52 m³ de aguas residuales por vehículo producido.

La tabla 32 muestra la producción de vehículos de Nissan Motor Corporation durante el período de enero a junio de 2020 y enero a junio de 2021. Se puede observar que la producción global de vehículos en junio de 2021 se incrementó en un 14.9 %, con respecto a la producción registrada en junio del 2020; y la producción dentro y fuera de Japón en junio de 2021 superó los resultados registrados en 2020 en un 42.5 % y un 11.9 %, respectivamente. Con respecto a

la producción registrada de enero a junio de 2021, el mismo gráfico muestra que la producción global de Nissan Motor Corporation se incrementó sustancialmente en un 28.0 % respecto a la registrada en el año 2020, y la producción de vehículos dentro y fuera de Japón de enero a junio de 2021, también se incrementó sustancialmente, al registrar un 22.5 % y un 29.0 %, respectivamente, en comparación con la producción del año 2020.

	<i>Junio de 2021</i>	<i>Cambio anual</i>	<i>Enero a junio de 2021 (vehículos)</i>	<i>Cambio anual</i>	<i>Enero a junio de 2020 (vehículos)</i>
Vehículos de pasajeros	29 411	49.4	245 143	27.4	192 422
Vehículos comerciales	6 175	17.1	39 454	-1.1	39 907
Producción en Japón	35 586	42.5	284 597	22.5	232 329
Estados Unidos	34 549	31.9	240 177	45.7	164 847
México	44 564	27.6	293 057	46.2	200 470
U.K.	12 877	83.7	109 988	24.2	88 528
España	2 774	-	15 732	46.5	10 739
China	123 008	-18.8	647 623	12.4	576 254
Otros	43 057	223.9	277 466	48.3	187 047
Producción fuera de Japón	260 829	11.9	1 584 043	29.0	1 227 885
Producción global	296 415	14.9	1 868 640	28.0	1 460 214

Tabla 32. Producción de vehículos enero-junio de 2020-2021. Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

En lo concerniente a las ventas de vehículos de Nissan Motor Corporation durante el período de enero a junio de 2020 y enero a junio 2021, en la tabla 33 se observa que las ventas globales de vehículos en junio de 2021 se incrementaron ligeramente en un 0.8 % con respecto a las ventas registradas en el mismo mes del año anterior. Las ventas (incluidos los mini vehículos) en Japón disminuyeron en un 22.6 %; las ventas de vehículos registrados en Japón también se redujeron en un 3.5 %; las ventas de mini vehículos en Japón se redujeron en un 43.2 %; y las ventas fuera de Japón se incrementaron en un 4.1 %, con respecto a las ventas obtenidas en el mismo mes del año 2020.

	<i>Junio de 2021</i>	<i>Cambio anual</i>	<i>Enero a junio de 2021 (vehículos)</i>	<i>Cambio anual</i>	<i>Enero a junio de 2020 (vehículos)</i>
Vehículos de pasajeros	16 157	0.4	121 141	13.8	106 418
Vehículos comerciales	4 134	-16.2	27 015	-13.7	31 288
Japón (registro)	20 291	-3.5	148 156	7.6	137 706
Japón (mini vehículos)	11 106	-43.2	103 797	4.6	99 250
Japón (incluidos mini vehículos)	31 397	-22.6	251 953	6.3	236 956
Estados Unidos	89 674	35.9	583 701	34.2	434 934
Canadá	9 392	8.3	52 871	43.7	36 786
México	17 450	49.5	108 924	23.1	88 472
América del Norte	116 609	35	745 970	33.0	560 689
Rusia	4 331	-27	26 503	-21.8	33 870
Europa	31 077	-8	201 511	12.5	179 184
China	114 605	-16.3	706 350	18.4	596 342
Otros	45 757	17.6	291 181	24.3	234 302
Ventas fuera de Japón	308 048	4.1	1 945 012	23.8	1 570 517
Ventas globales	339 445	0.8	2 196 965	21.5	1 807 473

Tabla 33. Ventas de vehículos enero-junio de 2020-2021. Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

En cuanto a las ventas en el período de enero a junio de 2021, estas se incrementaron significativamente en un 21.5 % con respecto a las registradas en año anterior. Las ventas (incluidos los mini vehículos) en Japón superaron los resultados obtenidos el año anterior en un 6.3 %; las ventas de vehículos en Japón registraron un incremento de un 7.6 %, con respecto a las obtenidas en 2020; las ventas de mini vehículos en Japón superaron los resultados de año anterior en un 4.6 %; y las ventas fuera de Japón aumentaron en un 23.8 %, con respecto a las registradas en el mismo período de 2020.

Finalmente, en lo referente a las exportaciones de vehículos de Nissan Motor Corporation en el período de enero a junio de 2020 y enero a junio de 2021, en la tabla 34 es posible observar que las exportaciones de vehículos de Japón en junio de 2021 se incrementaron exponencialmente en un 108.1 %, con respecto a las exportaciones registradas en el mismo mes del año anterior; y

las exportaciones de vehículos de Japón durante el período de enero a junio de 2021 también aumentaron en un 49.8 %, en comparación con las exportaciones registradas en el mismo período del año 2020.

	<i>Junio de 2021</i>	<i>Cambio anual</i>	<i>Enero a junio de 2021 (vehículos)</i>	<i>Cambio anual</i>	<i>Enero a junio de 2020 (vehículos)</i>
América del Norte	5 264	359.3	104 740	73.4	60 419
Europa	1 093	15.5	6 605	-16.6	7 922
Otros	7 364	63.6	58 777	30.0	45 204
Total, exportaciones de Japón	13 721	108.1	170 122	49.8	113 545

Tabla 34. Exportaciones de vehículos enero-junio de 2020-2021. Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

En lo que respecta a la sustentabilidad de Nissan Motor Corporation, la tabla 35 muestra los dos escenarios en los que está trabajando actualmente la organización: el primero de ellos, si la temperatura a nivel global se incrementa en 1.5 °C y el segundo escenario, si la temperatura mundial se incrementa en 4.0 °C; para ello, la empresa realizaría una serie de acciones en cada uno de los dos escenarios posibles. En este sentido, a medida que Nissan Motor Corporation se desarrolla como empresa a través de su gama de actividades globales en la producción de vehículos, la organización busca crear valor económico y contribuir a la resolución de los problemas que enfrenta la sociedad como fabricante de automóviles líder a nivel mundial, además de que Nissan se compromete a contribuir con el desarrollo de la sociedad a través de la realización de productos más limpios, seguros y sustentables.

Además, Nissan Motor Corporation considera que la innovación es la clave para que satisfaga las necesidades de los clientes, genere un impacto social y motive a los empleados y sus principales socios comerciales a mejorar la sustentabilidad y el medioambiente. Para ello, Nissan revisa constantemente los temas claves de las últimas tendencias, incluidas las preocupaciones de las partes interesadas junto con innovaciones tecnológicas, y las incorpora en la formulación de su estrategia de sustentabilidad. Con respecto al cambio climático, que es una de las principales preocupaciones para Nissan Motor Cor-

poration, se ha establecido el objetivo de lograr la neutralidad de carbono en todo el ciclo de vida de los vehículos producidos para el 2050, y se han identificado áreas estratégicas para lograrlo.

<i>Escenario de presunción</i>	<i>Área de impacto</i>	<i>Oportunidades de actividad empresarial y riesgos relacionados con el cambio climático en curso</i>
1.5 °C	Políticas y normativa	<ul style="list-style-type: none"> • Responder a las regulaciones de eficiencia de combustible y gases de escape de los vehículos. • Desarrollar tecnologías de tren motriz eléctrico y disminuir los costos de producción. • Disminuir la carga de los costos de energía debido a la expansión del carbono. • Ampliar la inversión en equipos de ahorro de energía como política.
	Cambios tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Efectos de costos de la utilización de tecnologías de vehículos de próxima generación, como las baterías en el vehículo y otras tecnologías relacionadas con los vehículos eléctricos, así como la expansión de las tecnologías de conducción autónoma. • El aumento de la demanda afectará a las cadenas de suministro de metales de tierras raras utilizados para el vehículo, material de la batería y causar un aumento en los costos de estabilización.
	Cambios en el mercado	<ul style="list-style-type: none"> • Los cambios en la conciencia del consumidor llevan a reducir las ventas de vehículos nuevos debido a la selección del transporte público, las bicicletas y la transición a los servicios de movilidad
	Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> • Ampliar la provisión de oportunidades de administración de energía con Vehicle to Everything (V2X), una tecnología de carga/descarga de energía EV, y redefinir el valor de EV, especialmente con Vehicle to Grid (V2G).
4.0 °C	Clima extremo	<ul style="list-style-type: none"> • El impacto en la cadena de suministro y el funcionamiento de las bases de producción debido al clima extremo, como las fuertes lluvias y la sequía, aumentarán los costos del seguro de propiedad y el aire, costos de energía y de acondicionamiento.
	Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> • La necesidad de asegurar las fuentes de energía de emergencia utilizando baterías EV está aumentando como una medida de prevención y mitigación de desastres.

Tabla 35. Sustentabilidad. Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

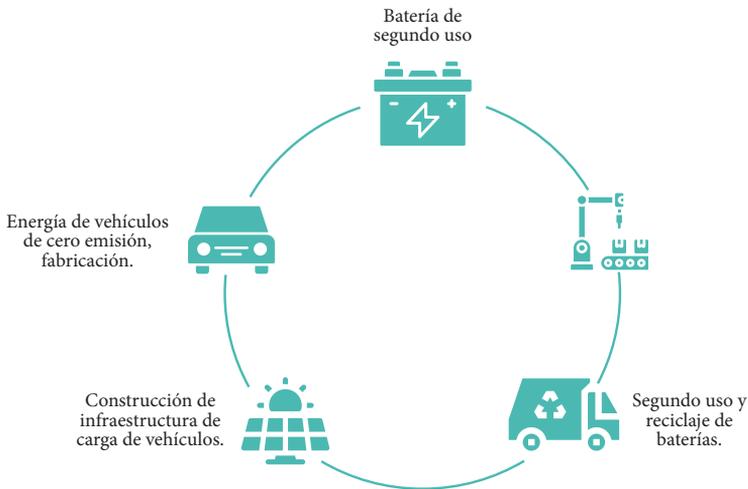


Figura 12. El camino hacia la neutralidad del carbono. Fuente: Sustainability Report Nissan 2021.

La figura 12 muestra el camino hacia la neutralidad del carbono que se ha trazado Nissan Motor Corporation para su logro en el año 2050, ya que la organización estableció como meta que cada oferta que se realice de vehículos nuevos en el mercado sean eléctricos. Esta meta la pretende realizar para principios de la década de 2030, junto con su objetivo de lograr la neutralidad de carbono para el año 2050, a través de la operación de la empresa y el ciclo de vida de sus productos. Además, Nissan Motor Corporation considera que el cambio climático es una cuestión crítica que debe abordarse a nivel mundial, por lo cual promoverá innovaciones en electrificación y fabricación de tecnologías en las siguientes áreas estratégicas:

- Innovaciones en las baterías para una rentabilidad más competitiva y más vehículos eléctricos que sean eficientes.
- Mayor eficiencia energética en el e-POWER en trenes motrices electrificados.
- Desarrollo de un ecosistema de baterías para apoyar generación descentralizada de energía renovable.
- Mayor eficiencia energética y de materiales durante el proceso de fabricación de sus productos.

Asimismo, en enero de 2021 Nissan Motor Corporation anunció un nuevo objetivo para lograr la reducción de las emisiones de dióxido de carbono durante todo el ciclo de vida de los vehículos, para lo cual implementó diversas actividades del *lean manufacturing*, como la extracción de materiales y el reciclaje de los vehículos al final de su vida útil. Además, Nissan Motor Corporation considera a las emisiones de CO₂ no solo en el proceso de producción, sino también desde la adquisición de las materias primas y la logística para transportarlos y llevarlos a los centros de distribución y ventas, para lo cual está fortaleciendo el uso de las energías renovables en la totalidad de los procesos. Además, Nissan Motor Corporation está desarrollando baterías con una vida útil de largo plazo, con lo cual pretende lograr economía a mayor escala y competitividad en tecnología, incluida la reducción de la cantidad de cobalto utilizado. Al mismo tiempo, con respecto a los costos de la batería, planea lograr una rentabilidad equivalente a obtenida en los motores de combustión para 2030.

Adicionalmente, Nissan Motor Corporation también tiene como objetivo generar una mayor eficiencia energética de su e-POWER, para lo cual está electrificando los trenes motrices de los nuevos vehículos. Así, el e-POWER es el tren motriz patentado de Nissan que utiliza un motor de gasolina para generar electricidad para el motor eléctrico que impulsa el vehículo. Por ello, el e-POWER logra una eficiencia de combustible de alto nivel, así como una respuesta ágil, una aceleración suave y una notable tranquilidad mientras se conduce. La empresa Nissan, basada en su objetivo de lograr la neutralidad de carbono para principios de la década de 2030, propone que cada nueva oferta de sus vehículos en Japón y en todos los mercados sea eléctrico. Con este fin, promueve la investigación y el desarrollo que contribuirán sustancialmente a la eliminación del carbono. Nissan ha anunciado avances en la eficiencia del motor, alcanzando el 50% de eficiencia térmica con su sistema e-POWER de próxima generación en desarrollo.

Finalmente, los esfuerzos realizados por Nissan Motor Corporation para lograr una mayor eficiencia energética, se centran en el desarrollo de la Nissan Intelligent Factory, una empresa que permitirá la producción de vehículos totalmente eléctricos y vehículos enchufables. Así, Nissan Intelligent Factory contribuirá a reducciones de CO₂ al flexibilizar las operaciones de producción y hacerlas más eficientes y sustentables, para lo cual Nissan Motor Corporation ha desarrollado una pintura a base de agua que mantiene la viscosidad adecua-

da a bajas temperaturas, de modo que los cuerpos y los parachoques se puedan pintar juntos. Como consecuencia de esto, se reducirán las emisiones del dióxido de carbono en el proceso en un 25 %, Nissan también utilizará un sistema sin agua en la cabina de pintura que permite recoger todos los residuos de pintura y reutilizarlo en otros procesos productivos.

Aluminio de Nissan Sistema de Reciclaje de Circuito Cerrado

El reciclaje de aluminio ahorra más que el 90% de energía necesaria para hacer aluminio nuevo.

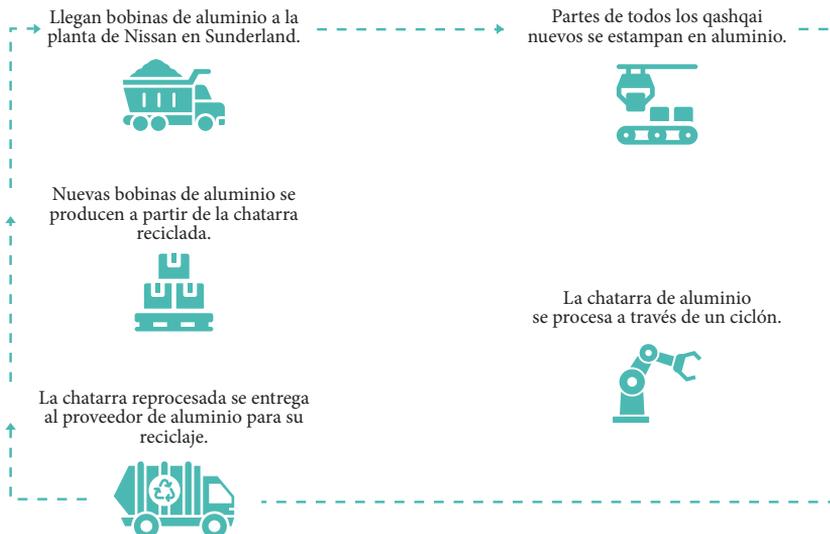


Figura 13. Sistema de reciclaje del circuito cerrado de piezas de aluminio. Fuente: Sustainability Report Nissan 2021.

La figura 13 muestra el sistema de reciclaje del circuito cerrado de piezas de aluminio en el proceso de producción de los vehículos, mediante el cual Nissan Motor Corporation está reduciendo las emisiones de CO₂. Con este sistema también se promueve el uso de material que no depende de recursos recién extraídos, y de esta forma se genera una reducción de los residuos en las fábricas. Este sistema se ha utilizado para el nuevo Nissan Rogue 2021 en las

plantas de Nissan de Estados Unidos, en la planta de Nissan Motor Kyushu en Japón, y para el nuevo Qashqai en Nissan Motor UK, en conjunto con la colaboración de los proveedores de aluminio.

Otro ejemplo de la utilización de este sistema es la reutilización del aluminio para el capó y las puertas del Rogue 2021 y el nuevo Qashqai, las cuales están estampados de una aleación de aluminio, un material que reduce el peso del vehículo y ayuda a mejorar la eficiencia del combustible y el rendimiento de la energía. Además, Nissan Motor Corporation está considerando ampliar este proceso a futuros modelos y otras fábricas, promoviendo el uso eficiente y sostenible de los recursos, incluido el uso de recursos renovables y materiales reciclables.

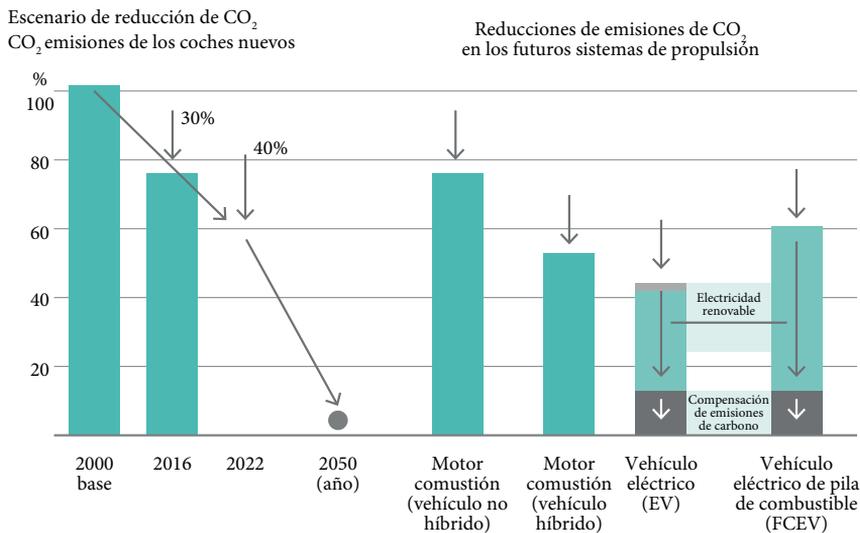


Gráfico 90. Escenarios de reducción de CO₂. Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

El gráfico 90 muestra los escenarios de reducción de las emisiones de CO₂ de Nissan Motor Corporation. Se observa que la organización tiene como meta la reducción de las emisiones de CO₂ de todos los vehículos nuevos que se fabriquen en la totalidad de las plantas ubicadas alrededor del mundo en un 40 % para el año 2022. Además, Nissan Motor Corporation está en la búsqueda de una sociedad de cero emisiones de CO₂, para lo cual participa en una am-

plia gama de iniciativas relacionadas con los vehículos eléctricos, incluido el desarrollo de baterías de iones de litio, el reciclaje de baterías, la construcción de infraestructura de carga de los vehículos eléctricos, ayudando a hacer realidad las redes inteligentes y la estandarización de los métodos de carga con otras empresas de la industria automotriz, ya que el incremento en la producción de vehículos eléctricos de cero emisiones de CO₂ traerá cambios importantes en el estilo de vida de los consumidores, quienes sentarán las bases para una nueva sociedad de movilidad cero emisiones.

En este sentido, el lanzamiento en el año 2010 del primer Nissan Leaf convirtió en pionero a Nissan Motor Corporation en la producción en serie de vehículos eléctricos, logrando una ventas desde ese tiempo hasta la actualidad de 690 mil vehículos eléctricos Nissan Leaf en el mercado mundial. Además, el plan de transformación Nissan Next requiere aún más vehículos eléctricos Nissan, diseñados para atraer a clientes con una gama cada vez más amplia de necesidades. Por lo tanto, la generación de vehículos eléctricos es solo una de las iniciativas Monozukuri concretas de innovación técnica de Nissan Motor Corporation, en la cual se seleccionan las tecnologías óptimas que permitan un mayor ahorro de combustible para los nuevos vehículos, tomando en cuenta factores como el espacio dentro del vehículo, el uso y la economía, ya que el objetivo que tiene la organización es la reducción del consumo de combustible y las emisiones de CO₂ sin sacrificar el placer y la facilidad de conducción.

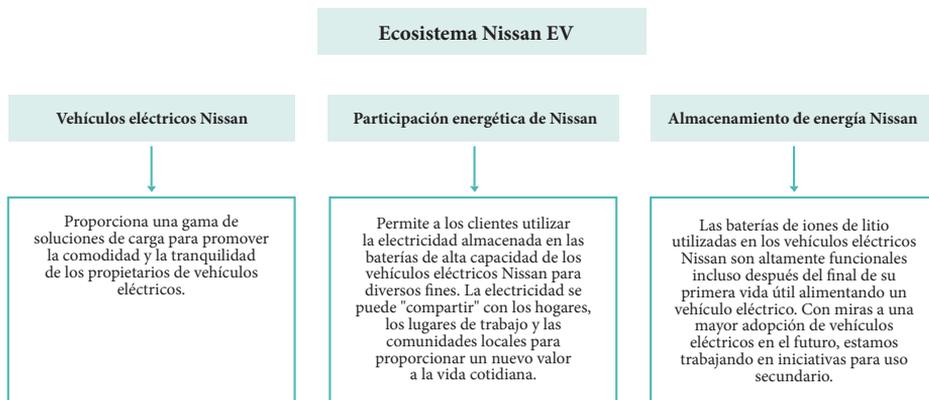


Figura 14. Ecosistema de Nissan EV. Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

En lo referente al programa de Ecosistema de Nissan EV, en la figura 14 se puede observar la evolución del Nissan Leaf al Nissan ARIYA. El Nissan Leaf es un vehículo de cero emisiones que no emite CO₂ u otros gases de escape al conducir y, prácticamente desde su lanzamiento en 2010, se ha ganado grandes elogios por la aceleración suave y fuerte y el funcionamiento silencioso de su motor eléctrico, alimentado por una batería de iones de litio. Las ventas globales acumuladas del Nissan Leaf, que celebró su décimo aniversario en 2020, han superado las 524 mil unidades (a marzo de 2021). Esto no solo se debe a valores como su conducción de cero emisiones, sino también al resultado de que los clientes aprecian las características únicas de Nissan EV, como el rendimiento de conducción sobresaliente en la aceleración y la estabilidad de la dirección.

Adicionalmente, el primer Crossover EV de Nissan Motor Corporation fue introducido al mercado en 2020 como el Nissan ARIYA, el cual es un vehículo eléctrico más refinado que el Nissan Leaf, que es el resultado de un avanzado sistema de EV que combina una aceleración potente y un funcionamiento suave y silencioso para aprovechar al máximo las cualidades únicas de los vehículos eléctricos. El motor recientemente desarrollado reduce el consumo de energía durante el cruce a alta velocidad, logrando un alcance de hasta 610 km/hora (modelo equipado con batería 2WD de 90 kWh), que es compatible con cargas rápidas de hasta 130 kW; y la adición de un sistema de control de temperatura refrigerado por agua mantiene la temperatura de la batería más constante para permitir una carga suficiente para distancias de hasta 375 km con una carga rápida de 30 minutos.

Además, los trenes motrices de menor costo son esenciales para una adopción más amplia de vehículos eléctricos, pero las innovaciones técnicas de baterías en particular son un problema importante. Por ello, Nissan Motor Corporation no solamente promueve el desarrollo de materiales para baterías que reduzcan la cantidad de cobalto utilizado, sino también la investigación y desarrollo en baterías de estado sólido, que tienen el potencial de mejorar sustancialmente la seguridad y reducir los costos de las mismas. Por lo tanto, el desarrollo del tren motriz e-POWER combina un motor eléctrico, que acciona las ruedas, con un motor de gasolina que carga la batería del vehículo, ya que el e-POWER es una tecnología que logra tanto la suavidad como la resistencia del 100 % del accionamiento del motor y la eficiencia de combustible de alto nivel.

En el futuro, e-POWER continuará evolucionando como una tecnología que se puede instalar en una amplia gama de modelos de vehículos, al tiempo

que equilibra el rendimiento ambiental y el rendimiento de conducción a un alto nivel. Al igual que con los vehículos eléctricos, Nissan continuará trabajando para reducir aún más los costos mediante el desarrollo de tecnologías de baterías, motores dedicados para la generación de energía y sistemas simplificados personalizados para la operación de punto fijo. Además, continúa desarrollando tecnologías que alcanzan el nivel más alto del mundo de eficiencia térmica del 50 % con un motor de próxima generación dedicado a la generación de energía para e-POWER, y continuará promoviendo desarrollos tecnológicos que permiten una mayor reducción de las emisiones de CO₂ (mejora de la eficiencia del combustible).

Además de mejorar la eficiencia de las baterías, los motores y los trenes motrices eléctricos, reducir el peso del vehículo es importante para reducir las emisiones de CO₂, por lo cual Nissan Motor Corporation está desarrollando el reciclaje de residuos de aluminio con una tecnología respetuosa con el medio ambiente, que permite ahorrar más del 90 % de la energía requerida para fabricar una cantidad comparable de aluminio a partir de materias primas. En 2020, Nissan Motor Corporation aplicó el uso de acero de ultra alta resistencia a la tracción de 980 MPa con alta confortabilidad al vehículo Rogue, y aplicó el uso de materiales de aluminio para campanas y puertas a las que se aplica el proceso de reciclaje. Asimismo, en el Vehículo Nissan Note se implementó el uso de acero reciclado de alta resistencia a la tracción ultra alta con una resistencia aumentada de hasta 1470 MPa.

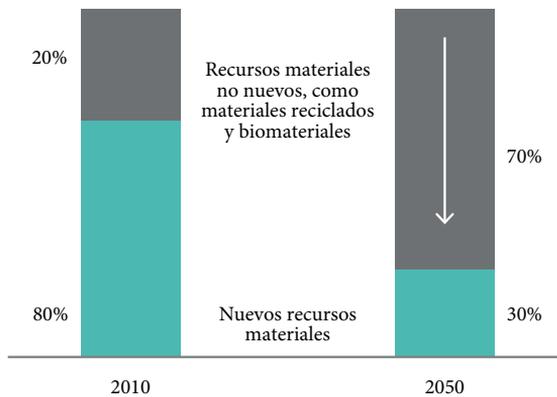


Gráfico 91. Visión a largo plazo para reducir la dependencia de los recursos. Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

Finalmente, la electricidad almacenada en la batería del Nissan EV puede hacer más que solo alimentar el vehículo; se puede compartir con hogares, edificios y comunidades locales a través de cargadores bidireccionales. El uso de electricidad barata por la noche durante los períodos de menor actividad y el exceso de electricidad generada por los paneles solares durante el día, reduce los costos de electricidad y ayuda a promover un modelo de generación local de electricidad para el consumo local. Además, Nissan Energy Share hace posible que los vehículos eléctricos proporcionen energía de respaldo durante apagones o emergencias.

El gráfico 91 muestra la visión de Nissan Motor Corporation a largo plazo para reducir la dependencia de los recursos naturales. Se observa que en el año 2010 tenían como meta el reciclaje de materiales y el uso de biomateriales en un 20 %, mientras que para el año 2050 la meta es lograr el 70 % del reciclaje de materiales y el uso de biomateriales en la producción de vehículos nuevos. Además, de acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados por las Naciones Unidas en 2015, que enfatizan la importancia de gestionar los recursos de manera sostenible y utilizarlos de manera eficiente, aunado al pronóstico que tiene la misma ONU de que la población mundial superará los 9 mil millones de habitantes para el año 2050, la demanda de recursos naturales como minerales y combustibles fósiles aumentará exponencialmente, lo cual hace aún más importante la maximización del valor obtenido de los recursos naturales.

Asimismo, los vehículos están hechos de una diversidad de componentes y recursos, y la combinación de estos recursos crean nuevo valor. Por ello, Nissan Motor Corporation ha aumentado su diversificación de recursos, utilizando más recursos renovables y materiales reciclados para cuidar los ecosistemas, lo cual le está generando a la organización un mayor nivel de competitividad a medida que apunta al crecimiento verde. Al trabajar hacia la visión a largo plazo de usar materiales que no dependan de recursos recién extraídos para el 70 % de los materiales utilizados en cada vehículo en 2050, se esfuerza por minimizar el uso de recursos naturales y mantener el uso de nuevos recursos en los niveles de 2010. Así, para reducir aún más el uso de los recursos naturales, Nissan Motor Corporation está promoviendo iniciativas para expandir el uso de materiales reciclados como los metales ferrosos, los cuales representaron el 61 % de los metales utilizados en los vehículos nuevos en 2020, los metales no ferrosos (13 %), las resinas (15 %) y materiales diversos (12 %).

Finalmente, Nissan Motor Corporation ha tomado medidas para reducir la chatarra de acero y aluminio que queda en el proceso de fabricación, trabajando a nivel mundial con socios comerciales para recolectar y reutilizar esta chatarra como material para vehículos nuevos a través de iniciativas de reciclaje de circuito cerrado. Desde el año fiscal 2020, ha estado colaborado con fabricantes de aluminio en América del Norte y Nissan Motor Kyushu, donde se fabrica el nuevo Rogue, y en Europa, donde se fabrica el nuevo Qashqai, adoptando un proceso de reciclaje de circuito cerrado que recicla los restos de aluminio generados durante la fabricación en placas de aluminio para automóviles. La clasificación y recolección de chatarra en este proceso controla las impurezas, realizando un reciclaje horizontal sin deterioro de la calidad, lo que contribuye a la reducción de la cantidad de nuevos recursos extraídos (lingotes de aluminio) utilizados.

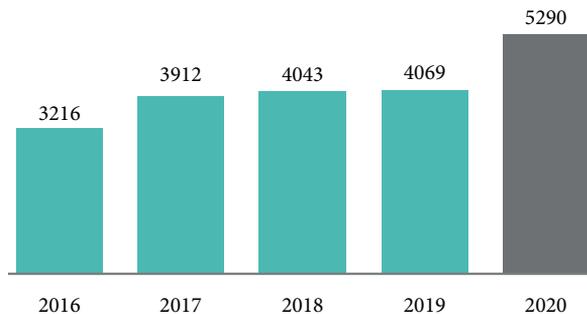


Gráfico 92. Uso adecuado de las sustancias químicas. Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

Con respecto al uso adecuado de las sustancias químicas que se utilizan en la producción de los vehículos, el gráfico 92 muestra un uso adecuado de este tipo de sustancias en los últimos cinco años, al pasar de 3 216 sustancias cubiertas por el Estándar de Ingeniería de Nissan registradas en el año 2016 a 4 069 sustancias durante el año 2019. Además, Nissan revisó su estándar para la evaluación de peligros y riesgos en la Alianza Renault-Nissan, aplicando activamente restricciones a sustancias más estrictas que las regulaciones existentes en áreas de creciente preocupación en todo el mundo. Como resultado, el número de sustancias cubiertas por el Estándar de Ingeniería de Nissan en el año 2020 aumentó a 5 290, por lo que se cree que estos pasos son necesarios

para los esfuerzos futuros en el ciclo de reparación, reutilización, remanufacturada y reciclaje de recursos.

	<i>Unidad</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>
Total	1 000 m ³	20 516	17 410	17 345	15 391	13 624
<i>Continente</i>						
Japón	1 000 m ³	12 681	10 376	10 472	9 496	8 474
América del Norte	1 000 m ³	4 028	3 382	3 190	2 746	2 351
Europa	1 000 m ³	1 767	1 564	1 539	1 389	1 094
Otros	1 000 m ³	2 040	2 088	2 143	1 760	1 705
<i>Calidad</i>						
Demanda química de oxígeno (DQO). Solo en Japón	kg	29 730	26 451	21 149	18 795	14 865

Tabla 36. Tratamiento de aguas residuales. Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

En lo referente al tratamiento de aguas residuales, en la tabla 36 se puede apreciar una reducción en el tratamiento de las aguas residuales en los últimos cinco años, al pasar de 20 516 mil metros cúbicos de tratamiento de aguas residuales registrados en el año 2016 a solamente 13 624 mil metros cúbicos de aguas residuales durante el 2020, lo cual significa una reducción del 33.59 % en el tratamiento de aguas residuales, lo cual es derivado del menor consumo de agua potable en los procesos de producción de los vehículos.

Además, Nissan Motor Corporation procesa a fondo las aguas residuales en sus diversas plantas, ya que las aguas residuales de dos plantas de Nissan en Aguascalientes, México, se utilizan para mantener el paisajismo en los sitios sin realizar descargas fuera del sitio. También está fortaleciendo las medidas de prevención de la contaminación del agua en nuestras plantas japonesas. En preparación para sucesos inesperados, como la descarga de aceite, ha estado conectando sensores de calidad del agua a los puntos de descarga de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, pues la descarga de agua fuera de los terrenos se suspende automáticamente si se detectan problemas de calidad del agua.

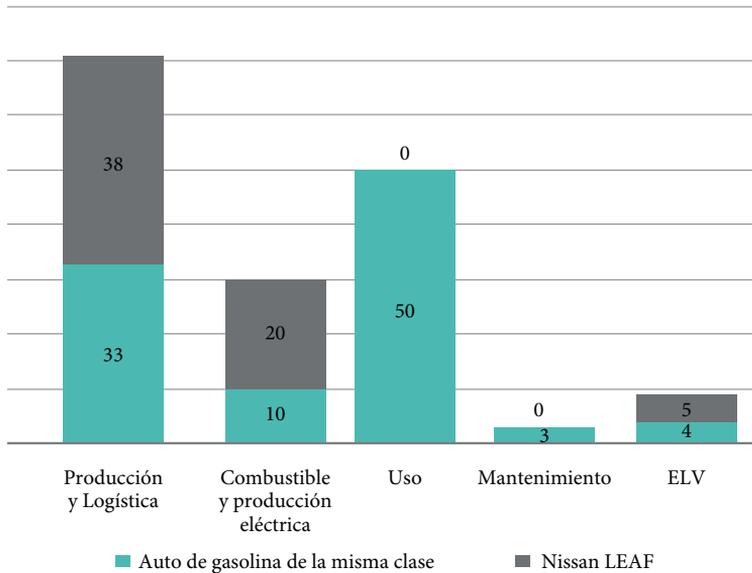


Gráfico 93. Emisiones equivalentes de CO₂ durante el ciclo de vida del Nissan Leaf. Fuente: Información obtenida del Reporte de Sustentabilidad 2021 de Nissan Motor Company.

En cuanto a las emisiones equivalentes de CO₂ durante el ciclo de vida de los vehículos a gasolina y el Nissan Leaf, en el gráfico 93 se puede observar que el Nissan Leaf emite menores cantidades de CO₂ en el proceso de producción y logística, en el uso de combustible y producción eléctrica y en el mantenimiento que los vehículos que utilizan combustibles fósiles, ya que en comparación con los vehículos convencionales de la misma clase en Japón, el Nissan Leaf genera aproximadamente un 32 % menos de emisiones de CO₂ durante su ciclo de vida. Nissan está haciendo esfuerzos para reducir las emisiones de CO₂ durante la producción de vehículos eléctricos mediante la mejora de la relación de rendimiento de los materiales, el uso de procesos de fabricación más eficientes y el aumento del uso de materiales reciclados. También continúa con el desarrollo de tecnología para trenes motrices eléctricos, ahorros de energía en dispositivos auxiliares y el uso de energía renovable para reducir las emisiones de CO₂ durante todo el ciclo de vida de los vehículos eléctricos. Además, en la etapa de final de vida útil, las baterías usadas se pueden utilizar para el almacenamiento de energía de varias maneras, lo que contribuye a reducir las emisiones de CO₂ en la sociedad.

En términos generales, es posible concluir que las actividades del *lean manufacturing* que han sido adoptadas e implementadas por Nissan Motor Corporation no solamente le han generado más y mejores resultados empresariales e incrementado significativamente el nivel del rendimiento empresarial, sino que también han mejorado sustancialmente el medioambiente y la sustentabilidad de las localidades donde se localizan sus plantas productivas. Además, el *lean manufacturing* le ha permitido a Nissan Motor Corporation la promoción de energías renovables, al adoptar tres enfoques esenciales que están en línea con las características de cada región: 1) generar su propia energía en las instalaciones de la empresa; 2) obtener energía con una mayor proporción de energías renovables; y 3) arrendamiento de tierras, instalaciones y otros activos a compañías eléctricas.

Como ejemplo del primer enfoque, la planta de Sunderland en el Reino Unido introdujo 10 turbinas eólicas que suministran hasta 6.6 MW de potencia, y durante el año 2016 la planta instaló 4.75 MW de energía solar; además, en 2021 se ha planificado una instalación adicional de 20 MW de capacidad. En la planta Huadu de Dongfeng Nissan Passenger Vehicle (DFL-PV) en China, se instalaron paneles solares con una capacidad total de 30 MW, los cuales han estado en funcionamiento desde el año 2017, proporcionando aproximadamente el 8 % de la electricidad utilizada en la planta.

En cuanto al segundo enfoque, la Planta Nissan I de Aguascalientes en México utiliza activamente energía generada a partir de gas de biomasa y energía eólica y ha logrado una tasa de uso de energía renovable del 50 % desde 2013. Desde junio de 2020, se ha estado ampliado aún más la tasa de uso de energía renovable para alcanzar el 70 %. Los generadores de energía solar también se instalaron en un techo de estructura de estacionamiento en la planta de India en octubre de 2020, y en el techo de un almacén en la planta de Egipto en marzo de 2021, los cuales han comenzado a operar. A través de estos esfuerzos, Nissan ha mejorado la tasa de uso de energía renovable en las plantas de producción como parte de la reducción de las emisiones de CO₂, y que como ejemplo de ello el año de 2020 la tasa de uso de energía renovable alcanzó el 10.5 %.



Lean manufacturing en Renault

En la literatura de la innovación, investigadores, académicos, profesionales de la industria y empresarios han contribuido a la identificación del interés, cada vez mayor, no solo de las empresas manufactureras de la industria automotriz, sino también de las empresas de otros sectores de la actividad económica en todos los países del mundo, por la implementación de las actividades del *lean manufacturing* tanto al interior como al exterior de las compañías. Como resultado de ello, prácticamente a partir del año 2007 se han publicado un número considerable de artículos en la literatura científica de la innovación, los cuales en los primeros años se orientaron en la adopción e implementación del *lean manufacturing* en las empresas manufactureras. Posteriormente, en artículos más recientes, los estudios se han enfocado principalmente en las empresas de la industria automotriz, dada la influencia de este tipo de actividades implementadas inicialmente en Toyota Motor Corporation (Paiva *et al.*, 2021).

Asimismo, las actividades del *lean manufacturing* pueden ser adoptadas e implementadas sin problema alguno por diversas empresas manufactureras de otras industrias y sectores, incluidas entre ellas las pertenecientes al sector textil, construcción, servicios, alimentos, medicamentos, eléctrico, entre otras, ya que los conceptos y prácticas que conlleva el *lean manufacturing* pueden ser aplicables a todos los tipos de sistemas organizacionales, como puede ser, por ejemplo, el de la salud, los recursos humanos y la educación superior (Martínez *et al.*, 2016). En este sentido, de acuerdo con los estudios publicados en la literatura, las organizaciones comúnmente utilizan diversas herramientas y modelos de producción para diversos propósitos, entre las más importantes se encuentran el Mapeo de Flujo de Valor (VSM), Kaizen, Kanban, Sistemas de Tracción (Pull Systems), Justo a Tiempo (JIT), Mantenimiento Productivo Total (TPM), Gestión de la Calidad Total (TQM), Intercambio de un solo minuto antes de morir (SMED), 5'S, Trabajo Estandarizado, Poka-Yoke y Heijunka (Jadhav *et al.*, 2014; Jasti y Kodali, 2015; Akmal *et al.*, 2020).

Sin embargo, diversos estudios publicados en la literatura han aportado evidencia empírica de la importancia de relacionar directamente estas herramientas y modelos de producción con las actividades del *lean manufacturing*, ya que una de las actividades sustanciales que buscan todas las empresas manufactureras de la industria automotriz y de otros sectores de la actividad económica, es la eliminación de todo tipo de residuos en los diversos procesos de producción, entre los más importantes se pueden establecer los *stocks* de materias primas y de productos, los defectos en los productos fabricados y el reciclaje de los productos cuando han terminado su ciclo de vida útil (Paiva *et al.*, 2021). Por lo tanto, es común encontrar en la literatura artículos que relacionan directamente las actividades del *lean manufacturing* con otras herramientas y modelos de producción, como, por ejemplo Six Sigma, Kanban, Kaizen y, recientemente, con la industria 4.0 (Hines *et al.*, 2004; Sanders *et al.*, 2016; Ciano *et al.*, 2019; Pagliosa y Tortorella, 2019).

Bajo este contexto, desde una perspectiva estratégica, las actividades del *lean manufacturing* pueden ser combinadas con cualquier herramienta, modelo de producción y práctica que tenga como perspectiva incrementar el valor entregado a los clientes y consumidores finales (Paiva *et al.*, 2021), como es el caso de la adopción e implementación de las actividades del *lean manufacturing* en el Grupo Renault. Por lo tanto, para iniciar con el análisis de la información referente a la implementación de la filosofía del *lean manufactu-*

ring en el Grupo Renault, en particular en las plantas ubicadas en México, se presentará, en primer lugar, la información referente a los datos generales de la organización y, posteriormente, se presentará la información referente a los desafíos que tiene la empresa de cara al cumplimiento de sus metas y objetivos de sustentabilidad.

<i>Ejes de acción</i>	<i>Acciones concretas</i>
Ciclo de los materiales	Recupera los materiales de los vehículos al final de su vida útil y los transforma para suministrar la producción de vehículos nuevos.
Ciclo de la vida útil de los vehículos	Recupera vehículos al final de su vida útil y piezas mecánicas para reparar en la red comercial, esto prolonga la vida útil de los vehículos en circulación. Con diferentes componentes de motores rotos, el sitio de Choisy los remanufactura para proponer nuevos motores utilizando un sistema de intercambio estándar. Los trabajadores de Indra desmontan vehículos para extraer piezas de vehículos al final de su vida útil para su reparación.
Ciclo de vida de las baterías	Cuando la batería ya no se puede usar, en lugar de desecharla y reciclarla, se le da una segunda vida para almacenar energías renovables para alimentar edificios, por ejemplo.
Desarrollo de servicios de movilidad	Grupo Renault crea la plataforma Renault Mobility, la cual promueve el uso compartido del automóvil, el alquiler a corto plazo, servicios de transporte y vehículos robotizados autónomos (2022).

Tabla 37. Renault y la economía circular. Fuente: Renault Group Climate Report (2020).

La tabla 37 muestra las actividades de la economía circular que se implementan actualmente en Renault, y se pueden observar los cuatro ejes de acción y las acciones concretas que se están realizando para el logro de los mismos. Prácticamente, desde 1995 Grupo Renault ha adoptado diversas acciones en pro del cuidado del medioambiente y la sustentabilidad, a través de la integración de plásticos reciclados en sus vehículos y en el año 2000 comenzó a integrar las actividades de la economía circular, con la finalidad de convertir sus desechos en recursos, lo cual contribuye a la transformación del automóvil y así responder a los problemas ambientales globales. Además, desde 2010 Grupo Renault se unió como socio fundador a la Fundación Ellen MacArthur, y promovió un nuevo enfoque al ciclo de vida de los vehículos al extender la vi-

da de sus componentes y materiales. Este nuevo enfoque se basa en los pilares de la economía circular, los cuales con:

- Manufactura de un producto
- Consumo y transformación del producto de desecho
- Transformación de desechos en un nuevo producto
- Reúso de este producto

El objetivo de todos estos pilares es el de reconciliar la prosperidad y la preservación de los recursos naturales.

<i>Planta</i>	<i>País</i>	<i>Acción</i>
Cleón	Francia	Recoge y regenera aceites de mecanizado usados de varias fábricas francesas para usarlos en procesos de mecanizado de piezas mecánicas para reemplazar nuevos aceites.
Medellín	Colombia	Reciclado interno de solventes de pintura desde 2014
Curitiba	Brasil	Creación en 2016 de catálogo interno de envases en buen estado para su reutilización en grandes cantidades.
Tánger	Marruecos	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de las cenizas de sus sistemas de calentamiento de biomasa (casi 1.100 toneladas en 2017) en la composición de biofertilizantes para la agricultura ecológica. • Funcionamiento de la fábrica con el 100 % de energías renovables. • Cero por ciento de emisiones de CO₂ por vehículo fabricado. • En 2013, 25 % del AGUA utilizada en el proceso de fabricación proviene del reciclado de efluentes.
Busan	Corea del Sur	Reciclaje de lodos de las plantas de purificación y fosfatación en la industria del cemento.

Tabla 38. Recuperación de residuos en las filiales de Renault. Fuente: Renault Group Climate Report (2020)

En la tabla 38 se puede apreciar la recuperación de los residuos de las filiales de Renault, y se observa cómo en las cinco plantas que tiene en cinco países distintos se realizan acciones para la recuperación de los residuos generados en el proceso de producción de los vehículos. Además, lo que el Grupo Renault hace es algo único, porque une a los fabricantes de autos en instalaciones de reciclaje industrial, con flujos de material en tiempo real, es la única empre-

sa de la industria automotriz que está haciendo este tipo de actividades, ya que cuenta con una red de subsidiarias que son la fuente para sus operaciones de reciclaje, particularmente con las siguientes empresas subsidiarias:

- **INDRA:** Empresa conjunta con Suez Environment, es una empresa subsidiaria clave en el reciclaje de vehículos que han terminado con su vida útil en Francia, y tienen una red de 400 camiones para el transporte de los residuos. En 2017 gestionaron 350 000 vehículos que terminaron su ciclo de vida útil, lo cual permitió a Renault que el 95 % de sus materiales para la fabricación de vehículos nuevos fueran reciclados. Esta subsidiaria cuenta con la participación de 400 Pymes francesas que le permiten realizar labores de recolección de vehículos a lo largo y ancho del país, permitiéndole a Renault contar con una fuente de materias primas y piezas de repuesto, lo cual ha permitido que INDRA sea una pieza clave en la optimización logística.
- **BOONE CONEMOR:** También es una empresa conjunta con Suez, que gestiona la chatarra en los sitios de Renault, como el acero, el cobre y el aluminio.
- **GAÏA:** Subsidiaria de propiedad absoluta de Renault, interactúa con varias empresas en la economía circular. Promueve la gestión de proveedores en piezas y materiales para las filiales de reciclaje del sector automotriz (Renault y sitios de producción de proveedores, talleres de reparación, etc.).

Cabe destacar que no todas las Pymes francesas que están relacionadas con las subsidiarias del Grupo Renault se encuentran al mismo nivel, por lo que Renault les ofrece capacitación, entrenamiento, así como soluciones logísticas; creando, por lo tanto, economías de escala.

Con respecto a los eventos importantes realizados en la planta de Choisy-Le-Roi de Renault, en la tabla 39 se observan las actividades implementadas durante el período de 2004 a 2014, las cuales le han permitido a la planta de Choisy ser considerada como el centro europeo para el reacondicionamiento del tren motriz del Grupo Renault, el cual proporciona directamente al Departamento de Piezas y Accesorios de Renault cuatro de los principales productos de la gama de reemplazo estándar de la organización: motores, transmisiones manuales, bombas de inyección y culatas, los cuales forman parte de las actividades de gestión de los residuos que integra el *lean manufacturing*. Así, las sub-

sidiarias reciben anualmente 30 000 motores, 20 000 cajas de transmisión y 16 000 sistemas de inyección para ser restaurados, los cuales son desmantelados pieza por pieza, y las diversas piezas desgastadas son sistemáticamente reemplazadas, y la calidad controlada de las partes recuperadas es completada con partes nuevas. Las unidades son reensambladas usando un proceso original y específico que les permite ofrecer a sus clientes las piezas desde un 30 hasta un 50 % más barato que si estas fueran nuevas.

Año	Evento
2004	Se instala y pone en marcha un taller de reciclaje (carrocería y trenes automotrices).
2010	Se amplía la gama de renovación de porta boquillas y se inicia el proyecto ACCES para promover la recuperación directa de piezas.
2014	El 3 de julio recibe el Trofeo de Economía Circular del presidente del Instituto de Economía Circular de Europa.

Tabla 39. Eventos importantes en la planta Choisy-Le-Roi de Renault. Fuente: Renault Group Climate Report (2020).

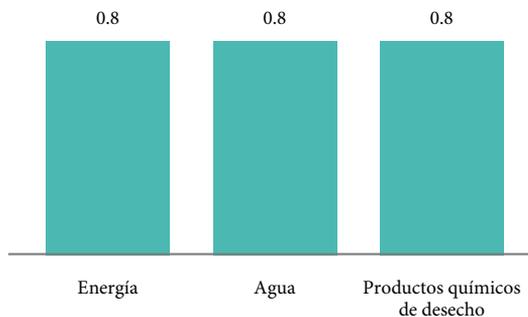


Gráfico 94. Ahorros anuales en la planta Choisy-Le-Roi de Renault. Fuente: Renault Group Climate Report (2020).

En el gráfico 94 se pueden observar los ahorros anuales de la planta de Choisy-Le-Roi de Renault, y se muestra la existencia de un ahorro del 80 % en el consumo de energía, agua y productos químicos de desecho, lo cual le ha permitido a Renault no solo la reducción de los costos de producción de los

vehículos nuevos, sino también la eliminación de miles de toneladas de CO₂ y otros gases a la atmósfera.

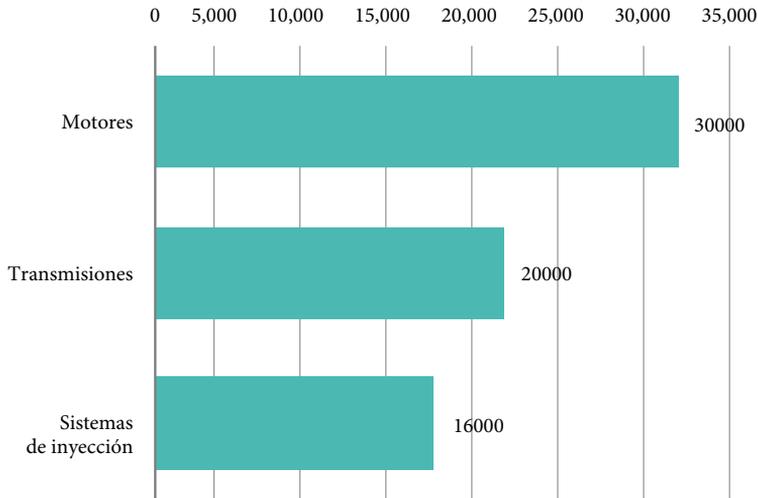


Gráfico 95. Piezas recuperadas anualmente en la planta Choisy-Le-Roi de Renault. Fuente: Renault Group Climate Report (2020).

<i>Meta</i>	<i>Descripción</i>
Más plásticos reciclados	<ul style="list-style-type: none"> Avanzar hacia una tasa de reciclaje de plástico del 100 %. Firma de la Hoja de ruta de Economía Circular, Francia 2025.
Extender la vida de los productos	<ul style="list-style-type: none"> Mayor porcentaje de piezas de reutilización en la reparación de vehículos. Desarrollo de nuevos servicios para baterías eléctricas de segunda vida.
Aumentar el potencial económico de las actividades circulares.	Incremento por 100 millones de euros para 2022
Promover el reciclaje y la economía circular	<ul style="list-style-type: none"> Creación y desarrollo de bucles de material. Aumento en el uso de materiales reciclados en la producción de vehículos.

Tabla 40. Metas de Renault. Fuente: Renault Group Climate Report (2020).

Con respecto a las piezas recuperadas anualmente en la planta de Choisy-Le-Roi de Renault, el gráfico 95 muestra que se han recuperado un total de 30 000 motores, 20 000 transmisiones y 16 000 sistemas de inyección de los vehículos del Grupo Renault que han concluido con su ciclo de vida, los cuales se han reutilizado en la producción de vehículos nuevos, así como en refacciones para los vehículos usados. Así, el Grupo Renault recupera anualmente un total del 43 % de piezas y el 48 % de las partes inservibles de los vehículos que han concluido con su vida útil, las cuales son recicladas y fundidas para hacer nuevos componentes.

En la tabla 40 es posible observar las metas de Renault para los próximos cinco años; se muestran las cuatro metas, así como las acciones que se están realizando y las que se tienen planeadas realizar en cada una de ellas. Además, los beneficios del *lean manufacturing* se pueden apreciar claramente en las acciones del Grupo Renault, los cuales no solo son en el aspecto económico sino también en el medioambiental. Sin embargo, a pesar de sus buenos resultados, Renault se plantea metas más ambiciosas para seguir en continua evolución.

<i>Empleados</i>	179 565
Vehículos vendidos	3 753 723
Cuota de mercado	4.25 %
Red de ventas en sitios Renault	10 898
Centros de diseño Renault (en 6 países)	7
Centros de ingeniería (en 17 países)	46
Plantas (en 16 países)	40
Centros logísticos (en 16 países)	13
Almacenes logísticos de piezas y accesorios (en 23 países)	35

Tabla 41. Grupo Renault alrededor del mundo. Fuente: Renault Group Climate Report (2020).

La tabla 41 muestra los datos más importantes obtenidos en 2019 del Grupo Renault, y se puede observar que la organización tenía cerca de 180 mil empleados en las 40 plantas ubicadas en 16 países. Asimismo, tuvo ventas de cerca de 4 millones de vehículos alrededor del mundo, con una cuota de mercado del 4.25 % a nivel global. Además, Renault cuenta con 7 centros de diseño, 46 cen-

tros de ingeniería, 13 centros de logística y 35 almacenes logísticos en 23 países, así como una red de ventas de cerca de 11 mil establecimientos, lo cual le permite a la organización ser considerada como un de las empresas de la industria automotriz de mayor importancia a nivel global.

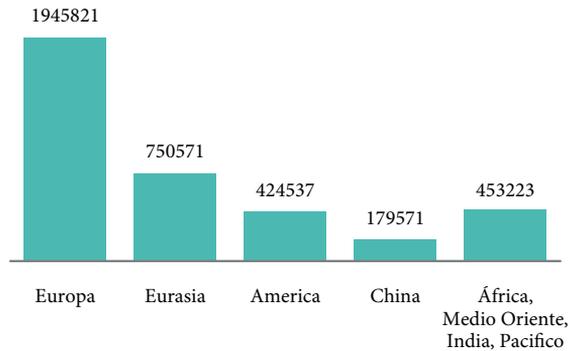


Gráfico 96. Volumen de ventas en 2019 (unidades). Fuente: Renault Group Climate Report (2020).

Con respecto al volumen de ventas del año 2019, en el gráfico 96 se observa que el mercado más importante del Grupo Renault es Europa, con unas ventas de cerca de los 2 millones de vehículos; seguido del mercado de Eurasia, con ventas de un poco más de 750 mil vehículos; seguido de América, con ventas anuales de un poco más de 424 mil vehículos; el mercado de China, con ventas de cerca de 180 mil vehículos; y, finalmente, el mercado de África, Medio Oriente, India y el Pacífico con ventas de un poco más de 453 mil vehículos.

En lo referente al porcentaje de la cuota de mercado durante el año 2019 del Grupo Renault, el gráfico 97 muestra que el mercado más importante es Eurasia, con una cuota de mercado del 26.79 %; seguido del mercado de Europa, con una cuota de mercado del 10.89 %; luego sigue América, con una cuota de mercado del 7.49 %; posteriormente, el mercado de África, Medio Oriente, India y el Pacífico, con una cuota de mercado del 2.52 %; y, finalmente, el mercado de China, con una cuota de mercado del 0.72 %.

En cuanto al porcentaje de empleados del Grupo Renault durante el año 2019, en el gráfico 98 es posible observar que en Eurasia se encuentra el mayor porcentaje de empleados de la organización, con un 41.60 % del total de los empleados; seguido de Europa, con un porcentaje de empleados del 40.70 %

del total del Grupo Renault; luego le sigue África, Medio Oriente, India y el Pacífico, con un porcentaje del 10.90 % del total de los empleados; y, por último, China, con solamente un porcentaje del 0.040 % del total de los empleados de la organización.

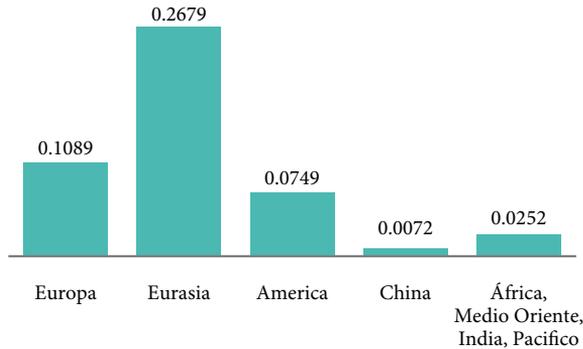


Gráfico 97. Porcentaje de la cuota de mercado en 2019. Fuente: Renault Group Climate Report (2020).

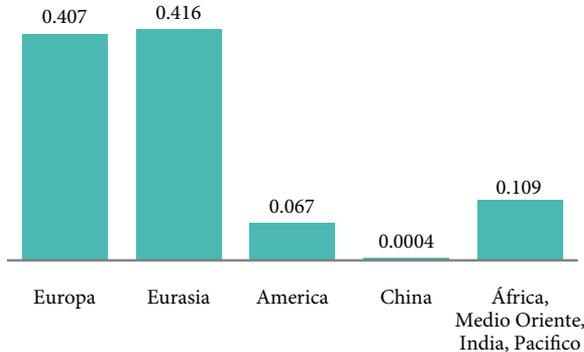


Gráfico 98. Porcentaje de empleados del Grupo Renault por regiones. Fuente: Renault Group Climate Report (2020).

Adicionalmente, a partir de 2012, Renault México adoptó e implementó la metodología del Kaizen en la totalidad de sus plantas, lo cual permitió que para el año 2019 la empresa estuviera en posibilidades de garantizar la satisfacción total de sus clientes en las ventas y posventas de sus vehículos, así como posicionarse en el Top 3 de los fabricantes de vehículos, en referencia a la cali-

dad de los productos y servicios. Además, es importante establecer que la filosofía Kaizen consiste esencialmente en la realización de una pequeña mejora en los procesos, productos y servicios, seguida de otra pequeña mejora en estos después de otra, lo cual permite que, gradualmente, la suma de todas esas pequeñas mejoras tenga como resultado un incremento significativo tanto en la calidad de los productos y servicios como en el nivel de productividad de las organizaciones. Así, el programa del Kaizen implementado en el Grupo Renault se divide en dos aspectos sustanciales:

- *Avanzado*: Basado en un sistema de producción de Renault cuya meta es establecer mejoras importantes en la convivencia y satisfacción del cliente, además de aumentar las ventas de vehículos en sus concesionarias, su capacidad y sus beneficios.
- *Básico*: Fortalece las operaciones de postventa de Renault a través del programa de certificación, busca lograr significativamente la satisfacción del cliente, la productividad y disminuir el inventario de refacciones, así como reducir costos de operación.

Generalmente, en la literatura es frecuente encontrar que el concepto Kaizen es considerado como un proceso de solución de problemas que se basa en los siguientes pasos:

- Seleccionar un proyecto, tema o idea,
- Entender la situación actual o establecer objetivos,
- Analizar los datos e identificar los problemas,
- Construir planes de acción,
- Implementar estos planes,
- Confirmar el efecto que tuvieron,
- Prevenir ocurrencias o duplicación de trabajos,
- Revisar el proceso completo.

Asimismo, alrededor de Kaizen existen varios conceptos que implican la mejora continua, a esto se le denomina “*lean manufacturing*”, y comúnmente se adopta e implementa a través de las siguientes herramientas:

- Jidoka (Autocontrol)
- JIT (Justo a tiempo)
- Kanban (Control visual)
- Heijunka (Nivelación)

- Optimización
- Pull System
- Estandarización
- Flexible Manpower Line (Flexibilidad)

En este sentido, la adopción e implementación del Kaizen por parte del Grupo Renault en sus distintas plantas y en su red de distribuidoras ubicadas en México, le ha permitido que en la actualidad sea considerado como un referente en la producción de vehículos a nivel mundial, ya que los buenos resultados que se han obtenido en México se están ahora implementando en otros países de América Latina, como es el caso de Argentina, Colombia y Brasil.

<i>Cifras claves 2020</i>	
Vehículos vendidos	2.95 millones
Empleados en todo el mundo	170 000
Número de marcas	5

Tabla 44. Cifras claves 2020. Fuente: Renault Group Climate Report (2020).

Con respecto a los indicadores claves del Grupo Renault, en la tabla 44 es posible observar que la organización tuvo ventas durante el año 2020 de 2.95 millones de vehículos en el mercado mundial donde participa; mientras que la totalidad de empleados con los que cuenta la organización es de 170 000 trabajadores en todas las plantas ubicadas alrededor del mundo; y son cinco las marcas de vehículos con las que cuenta y comercializa actualmente el Grupo Renault, convirtiéndola en una de las principales empresas productoras de vehículos a nivel global.

En referencia a los ratios alcanzados por el Grupo Renault durante el período 2016-2020, la tabla 45 muestra los principales resultados. Se puede apreciar que durante el 2020 la organización redujo de manera significativa la mayoría de los resultados logrados en el período 2016-2019, derivado primordialmente de los problemas ocasionados por la pandemia del covid-19. Sin embargo, durante los 120 años que tiene el Grupo Renault se ha convertido en una organización emblemática en la producción de vehículos, no solo porque en el año 2020 vendió un poco más de 2.9 millones de vehículos en más de 130 países —impulsado por la alianza con Nissan y Mitsubishi Motors y su impulso

por la innovación constante—, sino también porque la organización está ahora a la vanguardia de la reinención de la movilidad a nivel global, mediante el desarrollo de su Plan Estratégico 2021 “Renaultion” el cual reorganiza al Grupo Renault en torno a cuatro unidades de negocio autónomas:

- *La Nouvelle Vague*: Una marca moderna con un enfoque en tecnología, energía y servicios.
- *Dacia Tout.Simplement*: La mejor relación calidad-precio en vehículos.
- *Alpine Avant-Garde*: Coches deportivos exclusivos e innovadores.
- *Mobilize Beyond Automotive*: Nuevos servicios de movilidad sostenible, datos y energía.

<i>En millones de euros</i>	2016	2017	2018	2019	2020
Ventas globales (miles de unidades)	3 183	3 762	3 884	3 754	2 952
Rotación	51 243	58 770	57 419	55 537	43 474
Margen operativo	3 282	3 854	3 612	2 662	-337
Porcentaje de facturación	6.4 %	6.6 %	6.3 %	4.8 %	-0.8 %
Compartiendo resultado de Nissan Motor	1 741	2 791	1 509	242	-4 970
Resultado neto	3 543	5 210	3 451	1 900	-8 046
Utilidad neta, participación del grupo	3 419	5 114	3 302	-141	-8 008
Beneficio neto por acción (en euros)	12.57	18.87	12.24	-0.52	-29.51
Dividendo por acción (en euros)	3.15	3.55	3.55	0.00	0.00
Capacidad de autofinanciamiento de la división automotriz	4 362	4 327	4 386	4 144	1 523
Inversiones tangibles e intangibles del sector de la automoción	-3 047	-3 362	-4 166	-4 846	-3 827
Liquidez neta de la división automotriz	2 720	2 928	3 702	1 734	-3 579
Patrimonio neto	30 895	33 442	36 088	35 331	25 338

Tabla 45. Ratios del Grupo Renault 2016-2020. Fuente: Renault Group Climate Report (2020)

Adicionalmente, en el mismo Plan Estratégico 2021 Renaultion, se contempla especialmente que el Grupo Renault actúe como líder frente al contexto medioambiental y climático, con la ambición de lograr la neutralidad de carbono en Europa en 2040 y para todo el mundo en 2050.

Área	Acción
Uso del vehículo	Electrificación de todos los nuevos modelos de turismo Renault para 2025.
	Convertirse en el líder europeo de vehículos comerciales ligeros impulsados por hidrógeno para 2025.
	Implementar tecnologías híbridas, de gas natural y gas LP en todas las marcas.
	Aumentar la tasa de uso de vehículos en al menos un 20 % a través de la movilidad compartida.
	Acelerar el despliegue de baterías de mayor rendimiento, bajas en carbono y reutilizables.
Materiales y vida útil	Involucrar a toda la cadena de suministro.
	Fortalecer el liderazgo del Grupo Renault en economía circular.
Producción	Reducir a la mitad las emisiones de las fábricas para 2030
	Reducir las emisiones del transporte de piezas y vehículos en un 30 % para 2030.

Tabla 46. Plan de acción para el futuro del Grupo Renault. Fuente: Renault Group Climate Report 2021.

La tabla 46 muestra el plan de acción para el futuro del Grupo Renault, y se aprecian las acciones que está realizando la organización en tres áreas estratégicas: 1) Uso de vehículos, en el cual se contempla, entre otras acciones, la producción de vehículos eléctricos en todos los modelos de turismo para el año 2025 y la implementación de tecnologías híbridas, gas natural, gas LP en la totalidad de sus marcas; 2) Materiales y vida útil, en el cual se tiene proyectado fortalecer a la organización en el liderazgo del desarrollo de las actividades de la economía circular, así como el involucramiento a la totalidad de las empresas de su cadena de proveeduría; 3) Producción, en el cual se contempla la reducción a la mitad de las emisiones de CO₂ y otros gases de sus plantas de produc-

ción para el año 2030, así como la reducción de las emisiones del transporte de piezas y vehículos en la cadena de suministro en un 30 % para el año 2030.

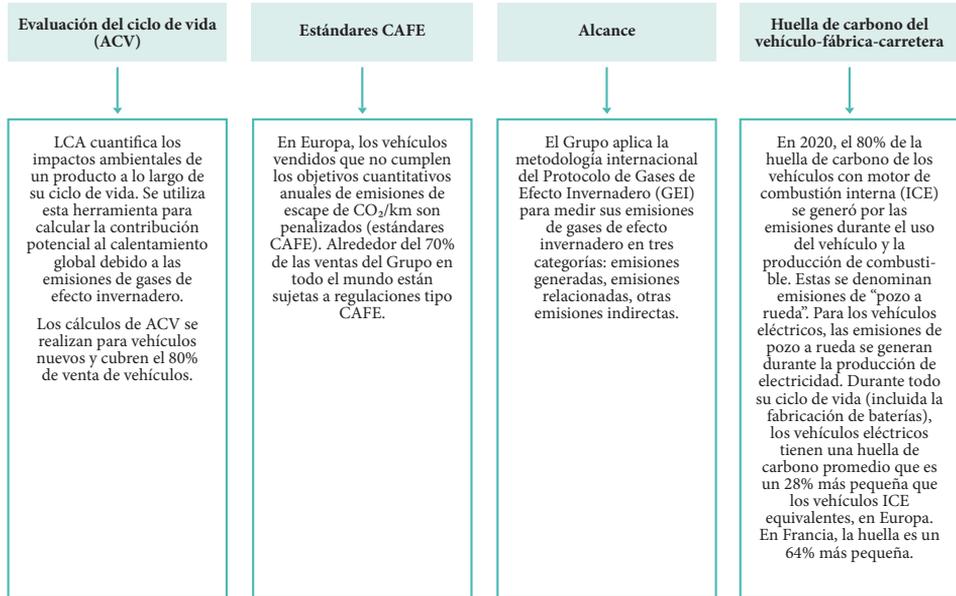


Figura 15. Estrategia climática en el Grupo Renault. Fuente: Renault Group Climate Report 2021.

En la figura 15 se muestra la estrategia climática del Grupo Renault, y es posible observar la utilización de herramientas para la evaluación de las emisiones de CO₂ y gases invernadero que se emiten a lo largo de la vida útil de los vehículos que produce, al mismo tiempo que la organización cumple con las normas y estándares que regulan el medioambiente en todos los países en los cuales se ubican sus plantas productivas. Asimismo, en la misma figura se establece el objetivo que tiene el Grupo Renault de lograr una participación del 90 % en las ventas de vehículos eléctricos de pasajeros en Europa para el año 2030, así como la emisión de un 65 % menos de CO₂ en la totalidad de los vehículos que se vendan en el mercado de Europa para el año 2030.

Adicionalmente, el Grupo Renault tiene como objetivo convertirse en la organización líder de Europa en la producción de vehículos comerciales ligeros impulsados por hidrógeno para el año 2025, con los modelos Kangoo, Tra-

fic y Master. Sin embargo, el rápido crecimiento en la producción de vehículos impulsados por hidrógeno y las regulaciones más estrictas en el uso del diésel hoy en día, han permitido que el Grupo Renault desarrolle versiones eléctricas de estos tres modelos, ya que la tecnología en el desarrollo de pilas de combustible de hidrógeno permiten ampliar la autonomía de un vehículo eléctrico sin aumentar el tamaño de su batería, al proporcionar una fuente de energía auxiliar de cero emisiones de CO₂. Además, como complemento a las estaciones de carga de los vehículos eléctricos, el Grupo Renault está utilizando un extensor de rango de hidrógeno en la producción de sus vehículos, el cual recarga un vehículo en solo unos minutos, para lo cual realizaron una alianza con la empresa Plug Power para desarrollar una oferta completa impulsada por hidrógeno al ofrecer vehículos con un alcance de al menos 350 kilómetros y un tiempo de carga más corto.

Huella industrial	Procesos	Gestión energética 4.0	Reducción de la pérdida de energía	Electricidad renovable
Plantas más compactas (espacios más pequeños a la luz y el calor).	Desarrollar procesos de fabricación más eficientes energéticamente.	Herramientas impulsadas por IA para analizar dato y administrar el consumo.	Recuperación y reutilización de energía (especialmente para el proceso calor/ventilación/fabricación).	El 100% de nuestros sitios alimentados por energía renovable en Francia, España, Eslovenia y Portugal para 2030.

Figura 16. Controladores del Grupo Renault. Fuente: Renault Group Climate Report 2021.

Asimismo, el Grupo Renault está desarrollando en sus plantas ubicadas en Europa motores de bajas emisiones (E-Tech Hybrid y Gas), para complementar su oferta de vehículos eléctricos en el mercado mundial, ya que este tipo de motores reduce significativamente el consumo de combustible del motor híbrido de los vehículos, en un 40 %, en comparación con los motores actuales de combustión interna. Así, la versión E-Tech Plug-in Hybrid ofrece una clara solución al problema de movilidad de cero emisiones, el cual permite al Grupo Renault el desarrollo de una gama de vehículos eléctricos y gas para una amplia variedad de usos y entornos de conducción, utilizando para ello combustibles alternativos, como el gas natural para vehículos (GNV) y el gas licuado de petróleo (GLP), los cuales comúnmente generan una menor cantidad de emisiones de CO₂ que la gasolina. En este sentido, las emisiones de CO₂ de este tipo de vehículos pueden reducirse aún más, entre un 30 % y un 100 %, en algu-

nos países, donde los nuevos métodos de producción descarbonizados transforman los residuos.

En la figura 16 se presentan los controladores del Grupo Renault para el año 2021, y se puede observar la existencias de cinco controladores fundamentales: 1) Huella industrial, la cual busca el desarrollo de plantas más compactas; 2) Procesos, que establece el desarrollo de procesos de producción más eficientes; 3) Gestión energética 4.0, que busca el desarrollo de herramientas impulsadas por una menor cantidad de energía; 4) Reducción de la pérdida de energía, la cual busca la recuperación y reutilización de la energía; y 5) Electricidad renovable, la cual establece que el 100 % de las plantas que fabrican vehículos y autopartes ubicadas en Europa utilicen energías renovables.

Asimismo, el Grupo Renault está acelerando el despliegue de baterías de mayor rendimiento, bajas en carbono y reutilizables, ya que prácticamente la producción de una batería de un vehículo eléctrico supone la generación de un tercio de la huella de carbono en la producción de un vehículo. Además, a partir del año 2024 la Unión Europea exigirá a todos los fabricantes de baterías eléctricas que midan esta huella de carbono a lo largo de su ciclo de vida, desde la producción hasta el reciclaje de la misma, ya que ello servirá esencialmente para el desarrollo del proyecto del Reglamento Europeo, que planea establecer un umbral máximo de huella de carbono en la producción de baterías eléctricas a partir del año 2027.

Además, para lograr reducir la huella de carbono en la producción de vehículos, el Grupo Renault tiene que involucrar a todas las empresas que integran su cadena de proveeduría, ya que tanto la extracción de materias primas como la producción de autopartes representan el 15 % de la huella de carbono de un vehículo producido por el Grupo Renault. Esta tarea no es nada sencilla, pues involucrar a sus 15 000 proveedores en actividades conjuntas para reducir su propia huella de carbono es complicado, sobre todo, cuando esta actividad es una propiedad en la Estrategia climática del Grupo Renault, y el objetivo central de esta estrategia es la reducción a la mitad de las emisiones de la huella de carbono de todas las plantas de producción de la organización para el año 2030, puesto que la transición a la energía baja en carbono y la reducción del consumo son fundamentales para impulsar la competitividad y el nivel del rendimiento económico del Grupo Renault.

La figura 17 muestra el plan de acción 2021-2030 del Grupo Renault, y se pueden observar cuatro acciones concretas para la siguiente década que están

totalmente relacionadas con la cadena de suministro, ya que el objetivo esencial del Grupo Renault es la reducción de las emisiones del transporte de autopartes y vehículos en un 30 % para el año 2030. Para ello, el Grupo Renault fue una de las primeras empresas de la industria automotriz en unirse a la iniciativa FRET21, que une a la comunidad de transportistas en los esfuerzos por reducir la huella de carbono en el transporte de carga a nivel global. Además, el Grupo FRET21 fue galardonado en el año 2019 con el Trofeo EVE por ADEME, por haber realizado la mayor mejora en la reducción de las emisiones de CO₂ del transporte de carga a nivel mundial; y, actualmente, este grupo está trabajando para reducir aún más la huella de carbono de las plataformas de transporte y logística.

1	2	3	4
Camiones de biogás y biocombustibles desplegados a partir de 2021, seguidos de camiones eléctricos y de hidrógeno, a partir de 2025.	Ampliar el transporte multimodal, en parte, aumentando la proporción de carga ferroviaria.	Reducción del número de kilómetros recorridos por metro cúbico de carga, mediante el uso de nuevos camiones versátiles y la optimización de las cargas.	Gestión racional de los envases: reducción de su peso, devolución de envases usados, minimización de residuos y aumento de la cuota de material reciclado en los envases.

Figura 17. Plan de acción 2021-2030. Fuente: Renault Group Climate Report 2021.

Finalmente, el Grupo Renault tiene como meta en el período 2021-2030 incrementar la tasa de uso de vehículos en al menos un 20 % a través de la movilidad compartida, ya que según la organización un automóvil personal está en uso solamente el 10 % del tiempo y pierde la mitad de su valor comercial en tan solo tres años. Con esta información que proporciona la organización, algunos de los usuarios buscan reducir el costo total de sus viajes y recurren a nuevas soluciones de movilidad, siendo una de ellas la «Movilidad compartida», la cual optimiza el uso de los automóviles y reduce el número de vehículos en circulación, así como su impacto medioambiental. Así, el Grupo Renault lanzó la marca Mobilize para nuevos servicios de movilidad compartida y suministro de energía en enero de 2021, la cual contará con cuatro modelos de vehículos eléctricos para el año 2025 y con cuatro objetivos básicos:

- Implementar servicios flexibles para el transporte de mercancías y personas (coche compartido, transporte privado, entrega de última milla y transporte bajo demanda).

Riesgos de transición	Corto plazo (< 2030)	Mediano plazo (2030-2040)	Largo plazo (2040-2050)	Descripción e impacto en el desempeño del grupo
Riesgos regulatorios y de cumplimiento	X	X		<p>Las regulaciones de emisiones de CO₂ para vehículos se actualizan con frecuencia para aplicar estándares cada vez más estrictos. En Europa, el objetivo de emisiones CAFE de 95 g de CO₂/km para automóviles de pasajeros nuevos a partir de 2020 se ajustó en 2021 para aplicar el estándar WLTP. En caso de incumplimiento, se debe pagar una multa coercitiva de 95 euros por gramo excedente por vehículo vendido. Sobre la base de los volúmenes de ventas actuales, cada gramo excedente de CO₂/km incurriría en una penalización de aproximadamente 120 millones de euros.</p> <p>Los cambios regulatorios también pueden introducir prohibiciones o restricciones de tráfico para ciertos vehículos. Estos cambios pueden afectar los costos de I + D y/o producción costes, derivados de la necesidad de adaptar nuestros vehículos a las nuevas normas.</p>
Riesgos tecnológicos	X	X		<p>El Grupo está construyendo su oferta en torno a vehículos menos contaminantes, en particular mediante la expansión de las gamas de vehículos eléctricos y el diseño de soluciones híbridas para motores de combustión interna. La introducción de estas tecnologías, que ofrecen diferentes rendimientos en términos de costo, servicio al cliente y emisiones de CO₂, puede no coincidir con las expectativas y el ritmo de crecimiento del mercado. Los objetivos de reducción de emisiones de CO₂ también implicarán el ajuste de los procesos industriales y el despliegue de tecnologías de producción bajas en carbono a corto y medio plazo. La necesaria modernización de las plantas para aumentar su eficiencia energética puede aumentar los costes de producción e I+D.</p>
Riesgos relacionados con los cambios del mercado	X	X		<p>Combinado con los cambios regulatorios, la transición a una economía baja en carbono puede provocar cambios de comportamiento entre los consumidores, como un cambio hacia vehículos más pequeños o eficientes energéticamente o hacia la movilidad compartida, más rápido de lo previsto. Un desajuste entre la oferta de productos/servicios y las expectativas de los consumidores expondría al Grupo a una disminución de los ingresos.</p>
Riesgos reputacionales	X	X		<p>Las cuestiones ambientales (reducción de la huella de carbono e impacto en la calidad del aire) son una preocupación para todas las partes interesadas (empleados, ONG, usuarios, etc.). Un desajuste entre la oferta de productos/servicios del Grupo y los requisitos ambientales podría dañar su imagen de marca e influir negativamente en las decisiones de compra de los clientes, lo que llevaría a una disminución de los ingresos. También podría hacer que el Grupo sea menos atractivo para los proveedores. Una sólida reputación ambiental también contribuye a atraer talento y aumentar el orgullo de los empleados por pertenecer al Grupo. Un desajuste podría afectar el compromiso de los empleados.</p>
Riesgos laborales	X	X		<p>El ritmo acelerado del cambio tecnológico creará la necesidad de actualizar los conocimientos, mediante la inversión en formación y la adquisición de nuevas habilidades.</p>

Tabla 47A. Cifras claves 2020. Fuente: Renault Group Climate Report 2021.

<i>Riesgos físicos</i>	<i>Corto plazo (< 2030)</i>	<i>Mediano plazo (2030-2040)</i>	<i>Largo plazo (2040-2050)</i>	<i>Descripción e impacto en el desempeño del grupo</i>
Fenómenos meteorológicos extremos/ desastres naturales		X	X	Algunos fenómenos meteorológicos extremos pueden perturbar o, en casos más graves, interrumpir temporalmente la actividad de varias de las instalaciones de producción y logística del Grupo. Una mayor frecuencia o intensidad de inundaciones, huracanes o sequías, combinada con temperaturas y niveles del mar más altos, puede aumentar los costos de prevención de riesgos y mantenimiento, así como las primas de seguro.
Escasez de recursos	X	X	X	La creciente escasez de algunos recursos naturales, como el agua, puede afectar directamente a la industria automotriz. Puede obligar al Grupo a realizar inversiones para reducir su consumo o pagar una compensación financiera a los residentes que viven cerca de las instalaciones de producción o a las comunidades locales. Además, el uso de nuevas materias primas como el cobalto puede generar una presión al alza en los precios, ya que las ventas de vehículos electrificados crecen constantemente.
Cambios geográficos y geopolíticos estructurales		X	X	El cambio climático puede conducir a cambios estructurales y geopolíticos en ciertas regiones. Debido a que el Grupo tiene muchos sitios en todo el mundo, esto podría afectar directamente su actividad. La inestabilidad en una región o país podría requerir que el Grupo ajustara su estrategia industrial. La inestabilidad regional y geopolítica también puede crear debilidades en el ecosistema de la cadena de suministro y obligar al Grupo a reorganizar su cadena de valor, lo que aumenta los costos de compra.
Propagación de la enfermedad	X	X	X	Al forzar el cierre de instalaciones de producción o puntos de venta, las epidemias y pandemias pueden tener un impacto directo en las ventas y la fabricación y, por lo tanto, en los ingresos.

- Facilitar el acceso a nuevas formas de movilidad ofreciendo servicios financieros dedicados, como el arrendamiento y el pago por uso.
- Extender la vida útil de los vehículos y las baterías, ampliar el uso de segunda vida.
- Facilitar el acceso a la infraestructura de carga inteligente, el almacenamiento de energía y la gestión del ciclo de vida de la batería.

En la tabla 47A se pueden observar las cifras claves del año 2020 del Grupo Renault, y se aprecia que las cifras están estrechamente vinculadas con los riesgos relacionados con el clima y su impacto en la actividad empresarial. Estos se analizaron y colocaron en dos categorías esenciales: los *Riesgos de transición*, derivados del cambio a una economía baja en carbono y todos los cambios que ello implica; y los *Riesgos físicos*, junto con sus posibles repercusiones en la

actividad empresarial y en las cadenas de suministro del Grupo Renault. Además, se establecieron hitos a corto plazo (< 2030), mediano plazo (2030-2040) y largo plazo (2040-2050) para cada uno de los dos tipos de riesgos.

Oportunidades	Corto plazo (< 2030)	Mediano plazo (2030-2040)	Largo plazo (2040-2050)	Descripción e impacto en el desempeño del grupo
Desarrollo de nuevos productos y servicios y acceso a nuevos mercados	X	X	X	Combinado con la evolución del CO ₂ , las regulaciones de emisiones, las nuevas preferencias de los consumidores por productos con bajas emisiones de carbono son una gran oportunidad para desarrollar nuevos productos y entrar en nuevos mercados. Como líder en movilidad eléctrica y desarrollador líder de tecnologías híbridas y soluciones complementarias como las pilas de combustible, Grupo Renault está bien preparado para aprovechar estas tendencias. El Grupo adapta las habilidades de la fuerza laboral mediante la puesta en marcha de sesiones de formación sobre nuevas tecnologías y refuerza su capacidad de fabricación de vehículos eléctricos con la creación de un «Electro pole» en Francia.
Construyendo la economía circular de la movilidad	X	X	X	La construcción de la economía circular no solo es un motor central de la neutralidad de carbono para el Grupo, sino que también sustenta el desarrollo de nuevos productos y servicios del Grupo, especialmente a través de su nueva unidad de negocio Mobilize. Al contribuir a la economía circular, el Grupo satisfará las necesidades de los consumidores que desean cambiar a formas de movilidad más sostenibles y, al mismo tiempo, extender el ciclo de vida de sus productos.
Producción de energía para uso propio en los sitios	X	X		Para cumplir con los objetivos de reducción de la huella de carbono, el Grupo debe ajustar sus procesos industriales y desplegar tecnologías bajas en carbono a corto y mediano plazo. Además de mejorar el desempeño ambiental de sus instalaciones de producción, el Grupo puede aprovechar esta oportunidad para reducir su factura energética y su exposición a futuros aumentos en los precios de los combustibles fósiles.
Fortaleciendo nuestra reputación como líderes en cambio climático	X	X	X	Los esfuerzos del Grupo Renault para integrar el tema del cambio climático en su estrategia son una oportunidad para fortalecer su reputación como marcapasos en esta área. El Grupo es el primer fabricante de automóviles en tener sus objetivos de reducción de gases de efecto invernadero validados por la iniciativa Science Based Targets. Es una de las tres primeras de las 30 empresas del sector de la automoción en el ranking de la World Benchmarking Alliance y CDP, publicado en diciembre de 2020. Este ranking evalúa «cómo las empresas integran las cuestiones climáticas en su estrategia, sus esfuerzos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la calidad de su gestión de estas emisiones». Renault es también una de las cinco compañías clasificadas cuyos objetivos de reducción de GEI cumplen con los criterios de alineación del Acuerdo de París establecidos por la Agencia Internacional de Energía. Aunque ya ha establecido una reputación positiva en esta área, los continuos esfuerzos del Grupo para mantener y profundizar sus compromisos pueden ayudar a fortalecer la confianza de sus partes interesadas.

Tabla 47B. Cifras claves 2020. Fuente: Renault Group Climate Report 2021.

Con respecto a las oportunidades de las cifras claves del año 2020 del Grupo Renault, en la tabla 47B se muestran los cuatro grupos de oportunidades relacionadas con el clima y el medioambiente, que son esenciales para que la compañía esté en mayores posibilidades de lograr los objetivos y metas trazados para la presente década. Además, la capacidad del Grupo Renault para ofrecer respuestas innovadoras a los riesgos climáticos, superando las expectativas de las partes interesadas del sector del transporte, también abrirá nuevas oportunidades de negocio e impulsará la competitividad.

Escenarios climáticos	Nuevo pacto verde 1.5 °C	Impulsado por eco-tecnología 3.0 °C	Retroceso y fragmentación 4.0 °C
Descripción de escenario	<p>En este escenario, la mayor conciencia del riesgo climático por parte de todas las partes interesadas en todo el mundo (gobiernos, instituciones financieras y ciudadanos-consumidores) impulsa regulaciones, modelos de negocio y estilos de vida más sostenibles. Este escenario está habilitado por colaboraciones público-privadas en todo el mundo. Las principales industrias emisoras participan plenamente en la transición hacia una economía baja en carbono. A través de una coordinación eficiente con los legisladores y una planificación sólida a nivel mundial, se desarrollan nuevas tecnologías para responder al cambio climático. Este enfoque sistémico de la movilidad allana el camino para el crecimiento de servicios multimodales eficientes.</p>	<p>En este escenario, las regiones más desarrolladas mantienen el crecimiento mundial. Estas regiones logran combinar bajos niveles locales de emisiones con una expansión económica centrada en el clima, a través del desarrollo de nuevas tecnologías (incluidos los servicios de movilidad). A pesar de ello, la falta de compromiso mundial y de una política climática coordinada conducen a un calentamiento global de unos 3 °C, cuyos impactos físicos afectan a todas las poblaciones. Los fabricantes de automóviles se enfrentan a una amplia diversidad de usos y demanda de una región a otra.</p>	<p>La gobernanza mundial y las tecnologías son deficientes, lo que lleva a un declive económico general y a un retroceso de la globalización después de las crisis climáticas, económicas y políticas. Los riesgos físicos, como inundaciones, incendios y sequías, se vuelven frecuentes e incontrolables, lo que lleva a la migración de la población y a desigualdades más amplias. La baja tecnología y el bajo costo se convierten en la norma, incluso en la movilidad, y se desaconsejan los viajes de larga distancia.</p>
Mayores riesgos	Riesgos y oportunidades de transición.	Riesgos de transición, riesgos físicos.	Riesgos físicos, incluidos los cambios estructurales, geográficos y geopolíticos.

Tabla 47C. Cifras claves 2020. Fuente: Renault Group Climate Report 2021.

En referencia a los Escenarios Climáticos de las cifras clave del año 2020 del Grupo Renault, en la tabla 47C se puede observar la descripción de cada

uno de los tres escenarios climáticos establecidos por la organización. En este sentido, tras la firma del Acuerdo Climático de París en el año 2015, el plan de producto y la estrategia del Grupo Renault se rediseñaron para garantizar su contribución a limitar el calentamiento global a muy por debajo de 2 °C. Así, estos tres escenarios climáticos se sustentan en el Plan estratégico Renaultion, ya que la organización consideró pertinente la realización de un análisis de escenarios climáticos alternativos para desarrollar la estrategia de gestión de riesgos del Grupo Renault para el año 2050, con hitos intermedios en 2030 y 2040.

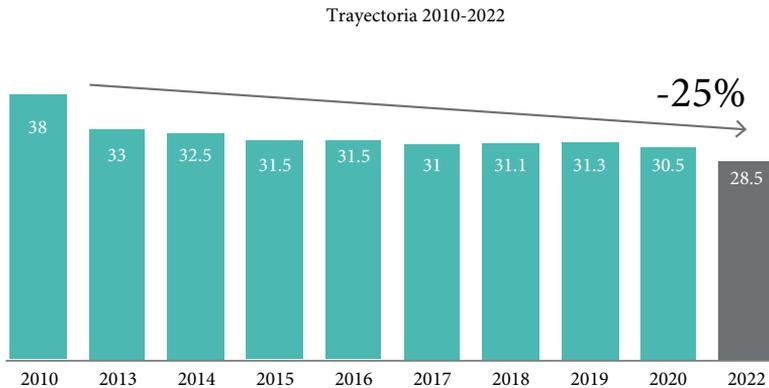


Gráfico 99. Huella de carbono durante el período 2010-2022. Fuente: Renault Group Climate Report 2021.

En el gráfico 99 se observa la trayectoria de la huella de carbono del Grupo Renault durante el período 2010-2022, en la producción de vehículos en la totalidad de sus plantas ubicadas alrededor del mundo, y muestra una disminución significativa en la huella de carbono en la última década, al pasar de 38.00 mil toneladas de CO₂ registradas durante el año 2010 a 30.50 mil toneladas de CO₂ en el año 2020; y se espera que para el año 2022 disminuya aún más la emisión de CO₂ para llegar a la meta de la generación de 28.50 mil toneladas, lo cual representará una reducción del 25 %. Estos resultados han permitido que el Grupo Renault sea una de las primeras empresas de la industria automotriz en reducir significativamente las emisiones de la huella de carbono y de CO₂ a nivel global, y una de las organizaciones más importantes en Europa en cuanto al compromiso de la disminución de la huella de carbono para el año 2025.

Gráfico 100. Huella de carbono en 2020. Fuente: Renault Group Climate Report 2021.

Con respecto a la huella de carbono generada en el Grupo Renault durante el año 2020, el gráfico 100 muestra que el 69.9 % del total de las emisiones de CO₂ fueron generadas por el uso del vehículo; el 15.2 % de las emisiones de CO₂ fueron generadas por el transporte de los materiales y las autopartes para la fabricación de los vehículos; mientras que el 12.0 % de las emisiones de CO₂ fueron generadas por el sistema eléctrico del uso de los vehículos. Estas tres actividades prácticamente generan la huella de carbono de los vehículos producidos por el Grupo Renault, pero particularmente destaca el uso del vehículo, el cual fundamentalmente genera cerca del 82 % del total de las emisiones de CO₂.

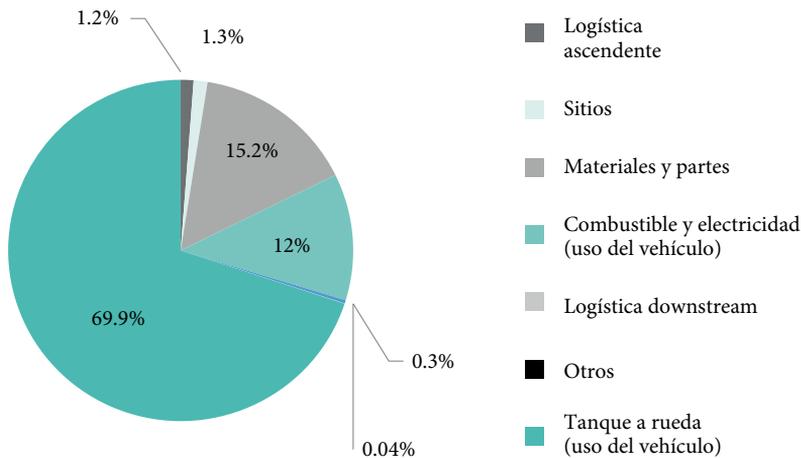


Gráfico 101. Trayectoria de la huella de carbono 2019-2030. Fuente: Renault Group Climate Report 2021.

En cuanto a la trayectoria de la huella de carbono para el período 2019-2030 en la producción de vehículos del Grupo Renault, en el gráfico 101 se observa una reducción significativa en la generación de la huella de carbono en la producción de vehículos de 2012 a 2016, al pasar de 0.50 toneladas por vehículo producido registrados en 2012 a 0.37 toneladas por vehículo producido en 2016. Pero se incrementó ligeramente la huella de carbono a partir del año 2017 para registrar 0.42 toneladas por vehículo producido en el año 2020, y se espera que para el año 2030 se generen solamente 0.20 toneladas por vehículo producido, lo cual representará una reducción del 50 % con respecto a la registrada en el año 2012.

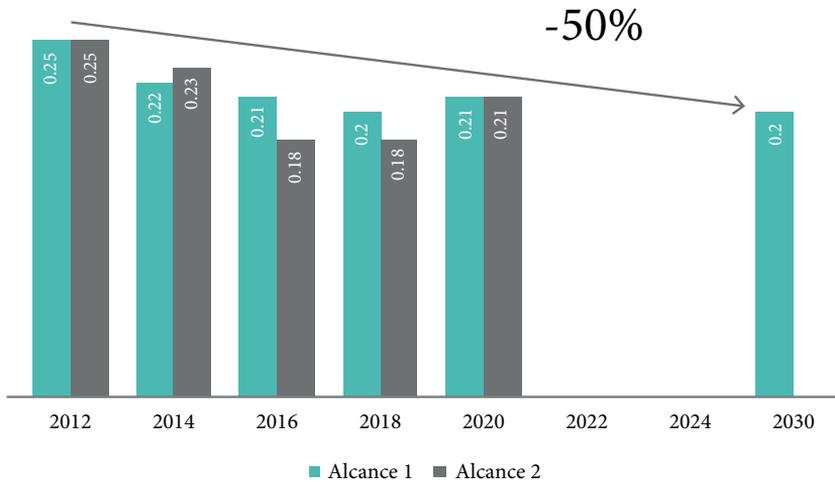


Gráfico 102. Emisiones de CO₂ por vehículos fabricado a nivel global. Fuente: Renault Group Climate Report 2021.

En referencia a la emisión de CO₂ por vehículo producido a nivel global del Grupo Renault, en el gráfico 102 se observa la existencia de una reducción tanto en el Alcance 1 como en el Alcance 2 durante el período 2012-2020. Además, los objetivos del Grupo Renault para el año 2030 son la reducción de las emisiones directas e indirectas, relacionadas con el consumo de energía requerido para la producción de vehículos (Alcances 1 y 2); y el objetivo para reducir las emisiones relacionadas con el uso del vehículo (Alcance 3) fue aprobado oficialmente por la iniciativa Science Based Targets (SBT) en marzo de 2019. La iniciativa SBT surgió de una asociación entre CDP, el programa del Pacto Mundial de las Naciones Unidas, el Instituto de Recursos Mundiales y la Fundación Mundial para la Vida Silvestre, cuyo objetivo es verificar la coherencia entre los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero establecidos por las empresas y los datos de la investigación científica sobre el cambio climático.

En términos generales, es posible concluir que las actividades del *lean manufacturing* que ha adoptado e implementado, y que incluso sigue desarrollando el Grupo Renault, le han dado buenos resultados, ya que no solo se han mejorado de manera significativa los procesos de producción de sus vehículos, sino que también se ha reducido el uso de energías no renovables y la generación de residuos industriales y, particularmente, el uso del agua potable

y la generación de gases invernadero y de CO₂ arrojados a la atmósfera. Este tipo de acciones le han permitido al Grupo Renault mejorar sustancialmente las ventas de sus vehículos, al encontrar un importante nicho de mercado de consumidores de automóviles eléctricos e híbridos que están dispuestos a pagar un precio mayor por un vehículo que genere la menor cantidad de contaminación medioambiental.

Además, derivado de la adopción e implementación de las distintas actividades que integran el *lean manufacturing*, el Grupo Renault ha incrementado substancialmente su nivel de rendimiento financiero y empresarial, y le ha permitido reducir los impactos negativos que está generando la Pandemia del covid-19 a las empresas de la industria automotriz a nivel global, a través del desarrollo de una serie de programas y acciones de reducción de los costos fijos en más de 2 000 millones de euros para los próximos tres años. Esto le permitirá a la organización no solamente restaurar su nivel de competitividad, sino también garantizar su desarrollo a largo plazo en el marco de la Alianza que tiene con Nissan Motor Corporation, lo cual le permitirá ser no solo una empresa referente en la producción de vehículos eléctricos e híbridos a nivel mundial, sino también una de las empresas más importantes del sector.

En este sentido, las acciones de mejora para reducir los costos fijos del Grupo Renault se basan esencialmente en la eficiencia de las operaciones de producción y de la cadena de suministro, a través de la simplificación de los procesos de producción, la reducción de la diversidad de componentes dentro de los vehículos y el ajuste de las capacidades industriales. Por lo tanto, el plan de acciones de reducción de los costos fijos fortalecerá la capacidad de recuperación del Grupo Renault, al orientar sus esfuerzos y recursos en la generación de flujo de efectivo, mientras mantiene a sus clientes en el centro de sus prioridades, ya que el objetivo esencial de este ambicioso plan es sentar las bases para el desarrollo a largo plazo del Grupo Renault en el mercado internacional. Esto, mediante la organización en torno a cuatro áreas de negocios estratégicas con un futuro prometedor: vehículos eléctricos, vehículos comerciales ligeros, economía circular e innovación de alto valor agregado.

Estas importantes áreas de negocio estratégicas se organizarían como centro regionales de excelencia con sede en Francia, y los ajustes requeridos en la fuerza laboral para permitir un crecimiento rentable y sostenible a largo plazo se llevarán a cabo a través de un diálogo ejemplar con los interlocutores sociales y las autoridades locales en cada una de las plantas de producción que tiene

la organización alrededor del mundo, de tal manera que no se afecten los derechos y las condiciones laborales de sus trabajadores. Por lo tanto, este proyecto de ajuste de la fuerza laboral se basaría en medidas de reciclaje, movilidad interna y salidas o jubilaciones voluntarias de sus trabajadores y empleados, se extendería a lo largo de tres años y abarcaría casi 4 600 puestos de trabajo en Francia, a lo que se sumaría la reducción de más de 10 000 puestos de trabajo en el resto del mundo.



Lean manufacturing en Volkswagen

Comúnmente, las actividades del *lean manufacturing* son consideradas en la literatura como un método que permite a las empresas manufactureras de la industria automotriz eliminar los residuos generados en el proceso de producción de los vehículos, lo que permite un aumento en el nivel de la productividad y calidad en las organizaciones (Monden, 1983). Este sistema fue implementado en Toyota Motor Corporation para eliminar los residuos generados en los sistemas de producción en masa desarrollado por Ford Motor Company, cuya implementación total no fue posible en las empresas manufactureras de la industria automotriz de Japón, por la realidad económica que vivía en país después de su participación en la Segunda Guerra Mundial, ya que el sistema de producción en masa de Ford operaba con la menor cantidad posible de generación de residuos en los procesos de producción, en las materias primas y en los inventarios de los productos (Vilana-Arto, 2011).

En este sentido, el *lean manufacturing* se orienta particularmente en la eliminación de los residuos, en la mejora de los sistemas de producción, en la estandarización de las actividades productivas, en la eliminación de los cuellos de botella y en la mejora de la comunicación (Tabares, 2017), lo cual permite a las empresas manufactureras de la industria automotriz la producción de productos con un alto nivel de calidad, mayor rapidez en las entregas de los productos y con un costo bajo (Hosseini *et al.*, 2015). Asimismo, se le llamó a este sistema *Lean* porque, prácticamente, este sistema utilizaba un poco de todo lo que se necesitaba para la producción de vehículos, comparado con el sistema de producción en masa de Ford: el uso de la mitad de la fuerza laboral en las empresas, la mitad del espacio para la manufactura, la mitad de la inversión en herramientas y en las actividades de ingeniería para el desarrollo de nuevos productos, entre otras actividades (Tabares, 2017).

Bajo este contexto, el sistema del *lean manufacturing* requiere solamente una parte del uso del espacio de las plantas manufactureras, así como de los inventarios de las materias primas y materiales para el desarrollo de los procesos de producción, el cual comúnmente se realiza en pequeños lotes que permitan disminuir los defectos de los productos y la producción de una variedad de productos (The LeanMan, 2016). Así, Womack y Jones (1996) describieron al *lean manufacturing* como un sistema que busca la perfección y la eliminación total de los residuos, a través de la adopción e implementación de diversas actividades que adicionan valor a los productos mediante la eliminación de los residuos en la totalidad de los procesos de la organización. Por lo tanto, es posible establecer que el *lean manufacturing* puede ser considerado como un sistema que se diferencia de la producción en masa de Ford, ya que considera la importancia que tienen las personas como una pieza fundamental para el desarrollo de las actividades de producción (Tabares, 2017).

Además, la ida esencial del *lean manufacturing* en todas las empresas manufactureras de la industria automotriz, entre ellas Volkswagen, es el mantener un flujo continuo de productos en las empresas manufactureras, así como la flexibilidad que deberán tener las empresas para adaptarse a los cambios en la demanda del mercado global, lo cual podría generar un sistema que facilite la reducción de los *stocks* de productos (Monden, 1983). En este sentido, con la implementación de los conceptos de Justo a tiempo y Jidoka, el flujo continuo de productos de las empresas manufactureras de la industria automotriz puede mejorar sustancialmente, facilitando su adaptación a las variaciones de la

demanda del mercado mundial, ya que estos dos conceptos no solamente son fundamentales para que las organizaciones puedan mejorar su nivel de competitividad, sino también porque son los pilares de las actividades del *lean manufacturing* (Tabares, 2017).

Además, el Justo a tiempo, que permite que se produzca solo lo necesario, se entregue cuando así se requiera y en las cantidades solicitadas por las empresas manufactureras de la industria automotriz; mientras que el Jidoka significa la automatización de la maquinaria y equipo de producción, facilitando con ello tanto el proceso de producción como el trabajo de los operarios (Ohno, 1988), lo cual puede ser interpretado como la disminución sustancial de los defectos en los flujos de los productos que puedan afectar a los procesos de producción de los vehículos (Monden, 1983). Así, para iniciar con el análisis de la información referente a la implementación de la filosofía del *lean manufacturing* en el Grupo Renault, en particular en las plantas ubicadas en México, se presentará en primer lugar la información referente a los datos generales de la organización y, posteriormente, se presentará aquella información referente a los desafíos que tiene la empresa de cara al cumplimiento de sus metas y objetivos de sustentabilidad.

<i>KIPs Estratégicos</i>	2015	2025
Rendimiento operativo de las ventas	6.0 %	7.0 a 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	€ 8 887 millones	> € 10 billones
Proporción de pago	Negativo	30.0 %
Liquidez neta de la división automotriz	€ 24 522 millones 11.5 %	10 % de ingresos por ventas consolidadas
Retorno de la Inversión en (ROI) en la división automotriz	-0.2 %	> 15.0 %

Tabla 48. KIPs estratégicos para incrementar la rentabilidad y competitividad. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2018.

La tabla 48 muestra los KIPS o acciones estratégicos que está realizando la empresa Volkswagen para incrementar la rentabilidad y competitividad para el año 2025. Se observan 7 acciones sustanciales para lograr la rentabilidad y competitividad, aun cuando Volkswagen es considerado como uno de los principales fabricantes de automóviles en el mundo, con 12 marcas y el más grande de Europa. Así, durante el año 2018, Volkswagen tuvo unas ventas de 10 834 012 vehículos a nivel mundial, lo cual convirtió a esta organización en una de las principales empresas manufactureras de la industria automotriz a nivel global. Así, las iniciativas estratégicas que se muestran en la tabla 48 describen cómo pretende lograr la visión de ser una de las principales empresas proveedoras mundiales de movilidad sostenible, lo cual lo pretende realizar a través de cuatro objetivos esenciales: clientes entusiasmados y excelente empleador, modelo a seguir para el cuidado del medioambiente, seguridad e integridad y rentabilidad competitiva.

<i>Volumen de datos</i>	2018	2017
Ventas de vehículos (unidades) en miles de vehículos	10 900	10 777
Producción de vehículos (unidades) en miles de vehículos	11 018	10 875
Investigación y desarrollo, costos en billones de Euros	13.6	13.1
Empleados a diciembre 31	664 496	642 292
Proporción de empleados mujeres en %	16.5	16.3
Proporción de aprendices en %	4.6	4.6
Emisiones de CO ₂ en flota Europea de carros nuevos en g/km	123	122
Emisiones de CO ₂ en kg/vehículo	720	808
Consumo de energía en kWh/vehículo	2 037	2 068
<i>Datos financieros (millones de euros)</i>	2018	2017
Ingresos por ventas	235 849	229 550
Resultado de operación después de artículos especiales	13 920	13 818
Ingresos antes de impuestos	15 643	13 673
Ingresos después de impuestos	12 205	11 463

Tabla 49. Volumen de datos. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2018.

Asimismo, Volkswagen cuenta con dos plantas de producción de vehículos en México: la Planta Volkswagen en Puebla, que se encuentra asentada sobre una superficie de 300 hectáreas y un área construida de más de 1 millón de metros cuadrados —convirtiéndola en la planta más grande del país—; y la Planta Volkswagen en Silao, Guanajuato, que cuenta con una superficie total de 60 hectáreas, de las cuales 76 000 metros cuadrados están construidos. Además, Volkswagen se encuentra conformado por doce marcas de siete países europeos: Volkswagen vehículos de pasajeros, Audi, Seat, Škoda, Bentley, Bugatti, Lamborghini, Porsche, Ducati, Volkswagen vehículos comerciales, Scania y MAN. Adicionalmente, la empresa se encuentra trabajando en su programa «TOGETHER-Strategy 2025», con el objetivo de convertirse en un líder mundial de movilidad sostenible.

En la tabla 49 se puede apreciar un comparativo del volumen de datos de Volkswagen entre los años 2018 vs. 2017, en dos áreas esenciales: la comercialización de vehículos comerciales y la división de servicios financieros. El Área Comercial de Vehículos Comerciales se enfoca particularmente en el desarrollo, producción y venta de vehículos comerciales ligeros, camiones y autobuses bajo las marcas Volkswagen, Scania y MAN, respaldados por el negocio de piezas originales y servicios relacionados Volkswagen. Además, la colaboración entre las marcas de vehículos comerciales MAN y Scania se coordina dentro del GRUPO TRATON, y la cartera de vehículos comerciales abarca desde camionetas hasta camiones y autobuses pesados.

Asimismo, el área comercial de Power Engineering gestiona actividades comerciales que involucran motores diésel de gran diámetro, turbomaquinaria, reductores especiales, componentes de propulsión y sistemas de prueba. Por su parte, las actividades de la División de Servicios Financieros comprenden financiación de concesionarios y clientes, arrendamiento de vehículos, actividades bancarias y de seguros, así como ofertas de gestión de flotas y movilidad. Con sus marcas, el Grupo Volkswagen tiene presencia en todos los mercados relevantes del mundo, con Europa Occidental, China, Estados Unidos, Brasil y México representando actualmente sus ventas claves.

El gráfico 103 muestra algunos de los indicadores medioambientales más importantes de la empresa Volkswagen, y se observa una reducción en las emisiones de CO₂ en los vehículos y consumo de energía durante el año 2018, en comparación con los niveles registrados en el año 2017, con excepción de las emisiones de CO₂ de los vehículos nuevos en Europa (las cuales son esen-

cialmente las mismas en ambos años). Asimismo, Volkswagen parte de varios objetivos para lograr hacer cambios duraderos en el medioambiente en la totalidad de las plantas de producción de vehículos y autopartes asentadas alrededor del mundo, sin embargo en cada área ha establecido y fijado actividades específicas.

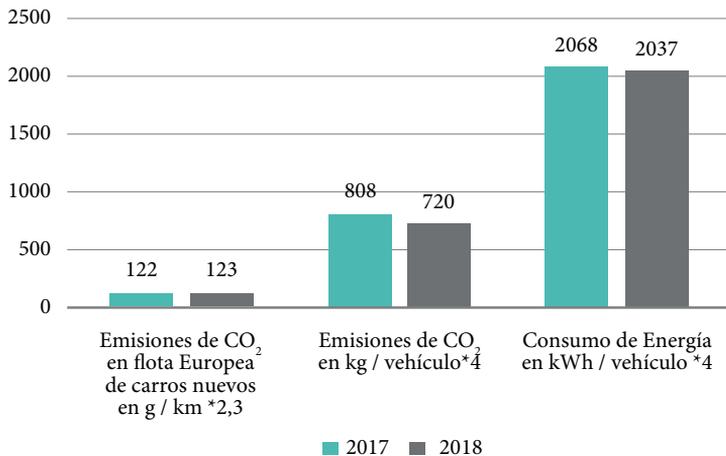


Gráfico 103. Indicadores medioambientales de Volkswagen. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2018.

En la tabla 50 se pueden observar los diversos objetivos del programa de movilidad del Grupo Volkswagen, así como el planteamiento de las respuestas y soluciones importantes en todas las áreas de acción, ya que el objetivo primordial de la organización es ser un proveedor innovador y tecnológico líder en la producción de vehículos a nivel global y, a su vez, generar un elevado nivel de satisfacción de los clientes y consumidores. Además, también se puede observar en la misma tabla que Volkswagen ha incorporado nuevas soluciones de movilidad y servicios digitales, como elementos esenciales en el programa JUNTOS (Estrategia de Movilidad 2025), así como la implementación del Programa Roadmap E para la totalidad de las marcas del Grupo Volkswagen, de tal manera que le permita a la organización ser el número uno a nivel global en la movilidad eléctrica, al desarrollar vehículos eléctricos que minimicen el consumo de energía y usar los recursos de la manera más eficiente posible.

Áreas de acción	Objetivos y acciones	Fecha límite	Estado
Establecer soluciones de movilidad empresarial	Desarrollar el negocio de soluciones de movilidad	2025	Ejemplos: Volkswagen lanza el coche compartido en Ruanda. La atención se centra en los servicios de uso compartido de automóviles y transporte. El uso compartido de automóviles en la comunidad (en Kigali) marca el comienzo, un servicio de transporte de pasajeros seguirá. Se prevé la introducción de más servicios de movilidad en 2019. MOIA: el plan de servicios de movilidad bajo demanda se lanzará en Hamburgo en abril de 2019, con una flota de vehículos totalmente eléctricos. Inicialmente, MOIA operará aproximadamente 200 vehículos. Para 2022, 1 000 vehículos MOIA totalmente eléctricos estarán en las calles de Hamburgo.
	Desarrollar rápidamente nuevas soluciones de movilidad	2025	2018: MOIA ofrece un nuevo concepto de viaje compartido en Hannover con 150 vehículos.
	Proveedor líder de vehículos autónomos: se planean lanzamientos rápidos en el mercado.	2025	Nueva campaña de marca paraguas IQ.DRIVE; Ediciones especiales IQ.DRIVE disponibles a partir de enero de 2019.
	Tendencias de movilidad	2019	Volkswagen lanza el uso compartido de automóviles de movilidad electrónica en Berlín: «We Share» comenzará en el segundo trimestre de 2019 con 1 500 e-Golf; ¡500 e-up! se agregará en un momento posterior.
Productos compatibles con el medio ambiente	Volkswagen Passenger Cars ofrecerá más de 20 vehículos totalmente eléctricos para 2022. El Volkswagen I.D., I.D. BUZZ y I.D. CROZZ marca el inicio de la e-ofensiva acelerada de Volkswagen en 2020. Como el primer vehículo basado en la nueva matriz de accionamiento eléctrico modular (MEB), el compacto Volkswagen I.D. saldrá de la línea de ensamblaje en el sitio de Zwickau en Sajonia a fines de 2019. Dentro de cinco años, habrá 32 modelos de rampas basados en el nuevo MEB en todo el mundo y en todas las marcas.	2022	I.D. I.D. BUZZ I.D. CROZZ
	Hoja de ruta E: Electrificación de extremo a extremo de toda la cartera de modelos (al menos una versión con alimentación eléctrica de cada uno de los aproximadamente 300 modelos del Grupo, con batería, como vehículos híbridos o híbridos suaves) > € 20 mil millones para industrialización de la movilidad eléctrica	2030	Ver la Hoja de ruta E: Estado para 2025.
Producto y seguridad vial	Garantía de calidad sistemática a lo largo de toda la cadena de valor.	En marcha	
	Implementación de Visión Zero: cero muertes o lesiones graves en o debido a vehículos fabricados por el Grupo.	En marcha	

Áreas de acción	Objetivos y acciones	Fecha límite	Estado
Protección del clima y descarbonización	Auditorías externas periódicas de pruebas de emisiones por expertos independientes; introducción de pruebas aleatorias y realistas del comportamiento de las emisiones en la carretera.	2025	Transición al nuevo WLTP
	Instalación de filtros de partículas en los motores TSI y TFSI	2017	Instalación paso a paso de filtros de partículas de gasolina (GPF) en todos los motores TSI y TFSI de inyección directa de la flota del Grupo Para 2022, hasta siete millones de vehículos estarán equipados con esta tecnología cada año.

Tabla 50. Objetivos del programa de movilidad. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2018.

Asimismo, a través del Programa MOIA el Grupo Volkswagen desarrolla y comercializa sus propias soluciones de movilidad, a la vez que también está intensificando una asociación muy estrecha con las autoridades de las ciudades y los sistemas de tráfico existentes en donde se ubican sus plantas de producción de vehículos y autopartes. Así, con el lanzamiento del Programa SEDRIC (Self-Driving Car) Volkswagen tiene un innovador concepto de movilidad basado en la producción de vehículos autónomos, por lo cual SEDRIC se está convirtiendo en una plataforma de ideas cruzadas para el desarrollo de una movilidad sostenible, segura y cómoda disponible para cualquier persona.

En la tabla 51 se aprecian los diversos objetivos y área de acción del programa de protección ambiental del Grupo Volkswagen, el cual se desarrolla en la totalidad de las plantas de producción de vehículos y autopartes ubicadas alrededor del mundo. Así, la Junta Directiva del Grupo Volkswagen es el nivel más alto de toma de decisiones internas para asuntos ambientales, y también funciona como la Junta de Sostenibilidad de la organización. La gestión de la protección del medioambiente en todo el Grupo es responsabilidad del Comité Directivo del Grupo para el Medioambiente y la Energía. Así como otros comités gestionan aspectos individuales importantes para nuestros productos, como CO₂ y emisiones de escape, estos incluyen el Comité Directivo del Grupo para CO₂ y el Comité Directivo del Grupo para el cumplimiento de la flota y las emisiones de escape.

Adicionalmente, el Grupo Volkswagen coordina las actividades de las marcas que, a su vez, gestionan medidas en las regiones donde se encuentran ubicadas; en términos organizativos, las propias marcas y empresas productoras de vehículos son responsables de los problemas medioambientales, y de-

finen sus actividades de protección ambiental sobre la base de los objetivos, directrices y principios que se aplican en todo el Grupo Volkswagen.

Áreas de acción	Objetivos y acciones	Fecha límite	Estado
Protección del clima y descarbonización	Programa de descarbonización	2019	Actualmente se está desarrollando un programa de descarbonización en todo el Grupo para reducir las emisiones de CO ₂ durante todo el ciclo de vida de los productos y servicios. El programa cubre el establecimiento de objetivos de CO ₂ que deben cumplirse para 2025, medidas y herramientas de CO ₂ para todo el grupo y elementos de control.
	Reducción continua de la huella de carbono	2025	Inventario general de CDP: reducción de las emisiones totales de CO ₂ por vehículo producido (Alcance 1, 2, 3) de 40.5 t/a en 2017 a 40.4 t/a en 2018 Inventario CDP Scope 3, categoría 11: estado de las emisiones de la flota de CO ₂ en 2018 UE: 123 g/km (automóviles y vehículos comerciales ligeros) China: 144.5 g/km (VGIC + SVW + FAW-VW) Brasil: 132.4 g/km E.E. U.U.: 163.2 g/km (año del calendario Audi / VW; excluyendo VWoA).
	Reducción de las emisiones europeas de CO 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).
	Los mejores lugares en las clasificaciones de productos seleccionados, calificaciones y premios	2018	Premios ambientales en 2018 ADAC Ecotest 2018: 1.º: e-Golf, 2.º: e-up! VCD /VCS: ¡Premio para VW eco up !, Skoda Citigo y Seat Mii con accionamiento de gas natural
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)	2022/2019	La aprobación para la construcción y operación de instalaciones de energía eólica certificadas que producen 12.8 MW en el sitio MAN Salzgitter se otorgó en 2017 como parte de un procedimiento público. 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.
	Producción de reducción de impacto ambiental por unidad (UEP): en todo el Grupo, consumo de energía y agua más desechos para disposición (solo volúmenes específicos de producción) y niveles de emisión que se reducirán en un 45% por unidad producida (línea de base: (2010).	2025	UEP totalizó 33.9% en 2018.
Conservación de la naturaleza y la biodiversidad	Compromiso mundial con la protección de la biodiversidad en las ubicaciones del Grupo. 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.

Tabla 51. Objetivos del programa de protección ambiental. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2018.

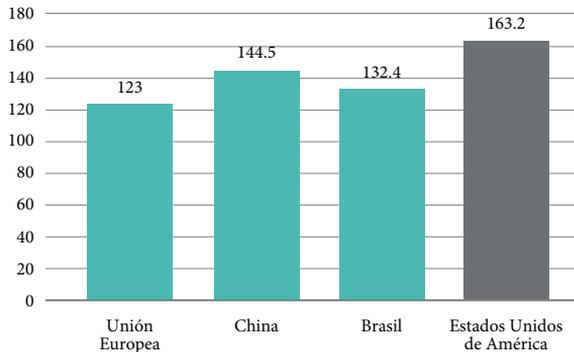


Gráfico 104. Emisiones de CO₂ de los vehículos de Volkswagen en 2018 (g/Km). Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2018.

El gráfico 104 muestra las emisiones de CO₂ de los vehículos producidos por el Grupo Volkswagen durante el año 2018, y se puede observar que los vehículos producidos en las Plantas ubicadas en Estados Unidos de América son los que generan la mayor cantidad de emisiones de CO₂, con 163.2 gramos por vehículo producido; seguido de las plantas ubicadas en China con 144.5 gramos de CO₂ por vehículo producido; luego las plantas establecidas en Brasil, con una generación de 132.4 gramos de CO₂ por vehículo producido; y, finalmente, las plantas establecidas en la Unión Europea, con una generación de 123.0 gramos de CO₂ por vehículo producido. Además, un elemento esencial de la estrategia de producción es la iniciativa de producción ambientalmente ejemplar, lo cual implica que el Grupo Volkswagen trabaje en cuatro temas claves en el período previo al año 2025:

- Establecer y alcanzar objetivos ambientales ambiciosos para la producción
- Desarrollar una visión a largo plazo para los objetivos ambientales en la producción y desplegarla en todo el Grupo.
- Reforzar la conciencia ambiental de los empleados e integrar los aspectos ambientales relevantes en los procesos.
- Alcanzar las primeras posiciones en renombrados *rankings* ambientales

En este contexto, el Grupo Volkswagen se ha fijado el objetivo de reducir en un 45 % los cinco indicadores ambientales claves del consumo de energía,

agua, residuos y emisiones de CO₂ y COV de cada vehículo producido en el año 2025, a partir de los niveles de 2010. Este objetivo se aplica a todas las plantas de producción del Grupo Volkswagen y se deriva de nuestros requisitos ambientales para los procesos de producción, que están anclados en los principios ambientales de la organización.

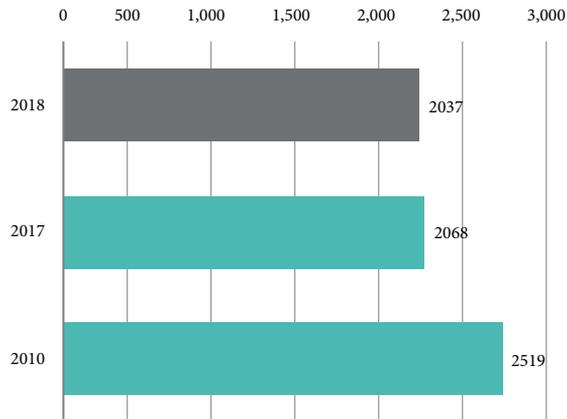


Gráfico 105. Consumo de energía por vehículo producido (κw/h por vehículo). Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2018.

En el gráfico 105 se presenta el consumo de energía por cada vehículo producido en el Grupo Volkswagen, y se puede observar la existencia de una reducción significativa en el consumo de energía durante el año 2018, en comparación con los niveles registrados en el año 2010, al pasar de 2 519 κw/h por vehículo producido en 2010 a 2 037 κw/h por vehículo producido en el 2018. En este sentido, Volkswagen está aumentando la eficiencia energética, avanzando con el cambio del carbón al gas y aumentando el uso de sistemas de energía regenerativa para el suministro de electricidad. Por ello, el 37 % de la energía que utiliza el Grupo Volkswagen en todo el mundo ahora proviene de fuentes renovables.

Sin embargo, desde el año 2010, el consumo total de energía del Grupo Volkswagen se ha incrementado como resultado de un aumento sustancial en los volúmenes de producción de vehículos. Aun cuando se ha logrado una disminución significativa en el consumo de energía por vehículo producido en la totalidad de las plantas ubicadas alrededor del mundo, el consumo total de

energía no se ha reducido, a pesar de que se han implementado diversas medidas para mejorar la eficiencia en los procesos de producción. Además, el consumo total de energía se relaciona directamente con la demanda de calefacción para las áreas de producción e instalaciones de fabricación y la demanda de calefacción para procesos técnicos. Dado que la calefacción de espacios representa la mayor proporción de la demanda total de energía, las condiciones climáticas tienen un gran impacto en las tendencias de la demanda general de calefacción.

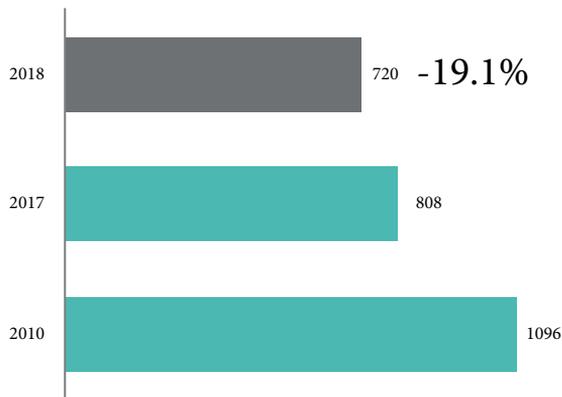


Gráfico 106. Emisiones de CO₂ por vehículo producido (kg por vehículo). Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2018.

Con respecto a las emisiones de CO₂ por vehículo producido, comparando el año 2018 con las emisiones registradas durante el año 2010, en el gráfico 106 se observa una disminución significativa, al pasar de 1 096 kilogramos de emisiones de CO₂ por vehículo producido durante el año 2010 a solamente 720 kilogramos de CO₂ por vehículo producido en 2018, lo cual representa una reducción del 19.1 % en las emisiones de CO₂. En este sentido, el Grupo Volkswagen utiliza una gama de medidas para lograr una reducción significativa de las emisiones de CO₂ en la producción de vehículos, las cuales han tenido éxito al disminuir las emisiones de CO₂ (Alcance 1 y 2) desde 2010, gracias a la eficiencia energética y a un suministro de energía reducido en carbono.

Además, aun con la apertura de nuevas plantas de producción de vehículos en distintos países del mundo, las emisiones directas de CO₂ en la categoría de turismos y vehículos comerciales ligeros han disminuido significativamente.

te desde el año 2010, ello a pesar de un ligero aumento en el consumo de energía y las emisiones de CO₂ en Volkswagen AG entre 2017 y 2018. Esta reducción en el volumen absoluto de emisiones va de la mano con la disminución de las emisiones directas de CO₂ por vehículo desde 2010.

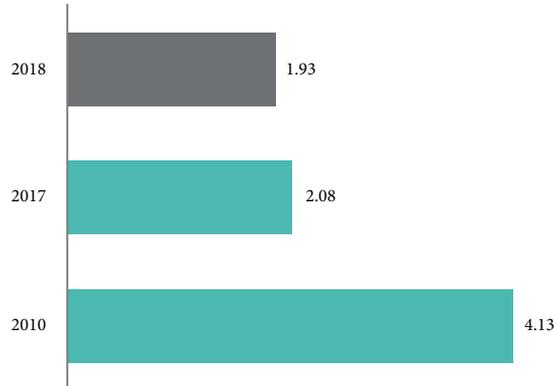


Gráfico 107. Emisiones de COVs por vehículo producido (kg por vehículo). Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2018.

En referencia a las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) por vehículo producido, el gráfico 107 muestra la existencia de una disminución sustancial en las misiones de COVs en el año 2018, con respecto a las emisiones registradas durante el año 2010, al pasar de 4.13 kilogramos de emisiones de COVs por vehículo producido en el año 2010 a solamente 1.93 kilogramos de emisiones de COVs por vehículo producido en 2018. Así, los mayores volúmenes de producción y los procedimientos posteriores para la postcombustión térmica de las emisiones de COVs de los talleres de pintura, dieron como resultado un mayor consumo de gases utilizados para alimentar los procesos de fabricación.

Además, los procesos de pintura son la causa principal de las emisiones de COVs, por lo cual en las instalaciones de pintura modernas, se utilizan pinturas y materiales de proceso que contienen bajos niveles de solventes, y se toman las medidas adecuadas para interceptar o eliminar los solventes emitidos. Para hacer esto, se utilizan principalmente postcombustión térmica del aire saliente, que se encuentra aguas abajo del proceso de pintura real. A pesar del aumento en la producción de vehículos y el aumento resultante en la

cantidad de pintura realizada desde 2010, hemos reducido nuestras emisiones absolutas de COVs.

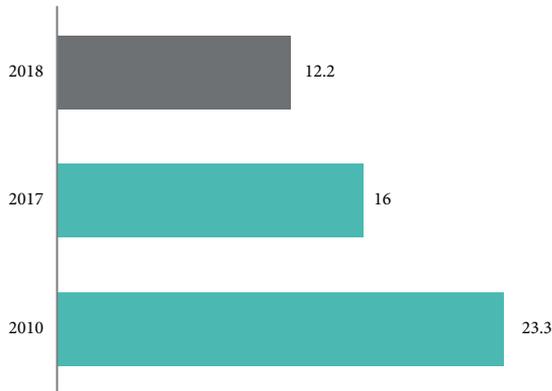


Gráfico 108. Generación de residuos por vehículo producido (kg por vehículo). Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2018.

En referencia a la generación de residuos por vehículo producido, en el gráfico 108 se puede observar una reducción significativa en la generación de residuos industriales por cada uno de los vehículos producidos en el Grupo Volkswagen, al pasar de 23.3 kilogramos de residuos por vehículo producido en el año 2010 a 12.2 kilogramos de residuos por vehículo producido durante el año 2018. Para lograr la generación de una menor cantidad de residuos industriales se reutilizan los residuos de producción, logística, talleres y desarrollo técnico para producir materiales de alta calidad, por lo cual la división de adquisiciones ha establecido un sistema confiable en toda la organización, para recuperar materiales de desecho que pueden generar ingresos; por ejemplo, papel, plástico, madera o metal.

Sin embargo, como resultado del aumento de la producción en las categorías de turismos y vehículos comerciales ligeros durante el año 2018, en comparación con 2010, la cantidad total de residuos peligrosos producidos ha aumentado, mientras que la cantidad total de residuos no peligrosos ha disminuido, por lo cual se redujo la cantidad de residuos específicos de producción por vehículo desde 2010. El aumento de la proporción de residuos recuperables también es el resultado de la estrategia de residuos establecida en el Grupo, cuyo objetivo es garantizar que se recupere una mayor proporción de residuos.

Dado que la producción en todo el Grupo ha aumentado desde 2010, la cantidad absoluta de materiales de desecho metálicos también ha aumentado. Las instalaciones de generación de energía de Volkswagen, ubicadas en Kraftwerk, inevitablemente producen residuos de plantas de energía, por lo cual durante el período de 2010 a 2018 se recuperaron materiales de aproximadamente 139 891 toneladas de residuos.

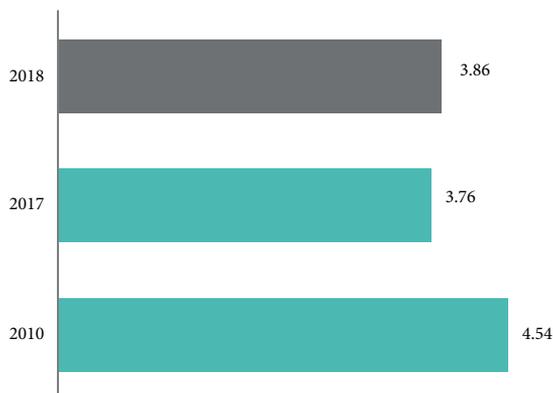


Gráfico 109. Consumo de agua por vehículo producido (m³ por vehículo). Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2018.

El gráfico 109 muestra el consumo de agua por vehículo producido registrado entre 2010 y 2018, y se puede observar una clara disminución en los niveles de consumo de agua al pasar de 4.54 m³ de agua por vehículo producido durante el año 2010, a solamente 3.86 m³ de agua por vehículo producido en 2018, lo cual representó una reducción del 15 %. Así, la cadena de suministro, en particular, la obtención y el procesamiento de materias primas, es responsable de la mayor parte del consumo de agua potable, y como Volkswagen no puede influir directamente en estos aspectos, se concentra en la reducción del consumo de agua en las plantas de producción. Así, de toda el agua potable que se utiliza en la producción de vehículos, el 55 % (alrededor de 22 millones de m³) proviene de zonas de riesgo, por lo que el Comité Directivo del Grupo para el Medioambiente y la Energía toma en cuenta este aspecto y ha definido cuatro áreas de actividad:

- El suministro y disposición segura de agua mediante la protección de las reservas de agua subterránea contra la contaminación.

- El uso eficiente del agua a través de circuitos cerrados durante el ciclo de vida
- el trabajo social y ecológico a través de proyectos para proteger las reservas de agua y aumentar la conciencia pública sobre los problemas ambientales.
- La transparencia a través del apoyo del Mandato del Agua del CEO y el Proyecto de Divulgación del Agua del CDP (WDP).

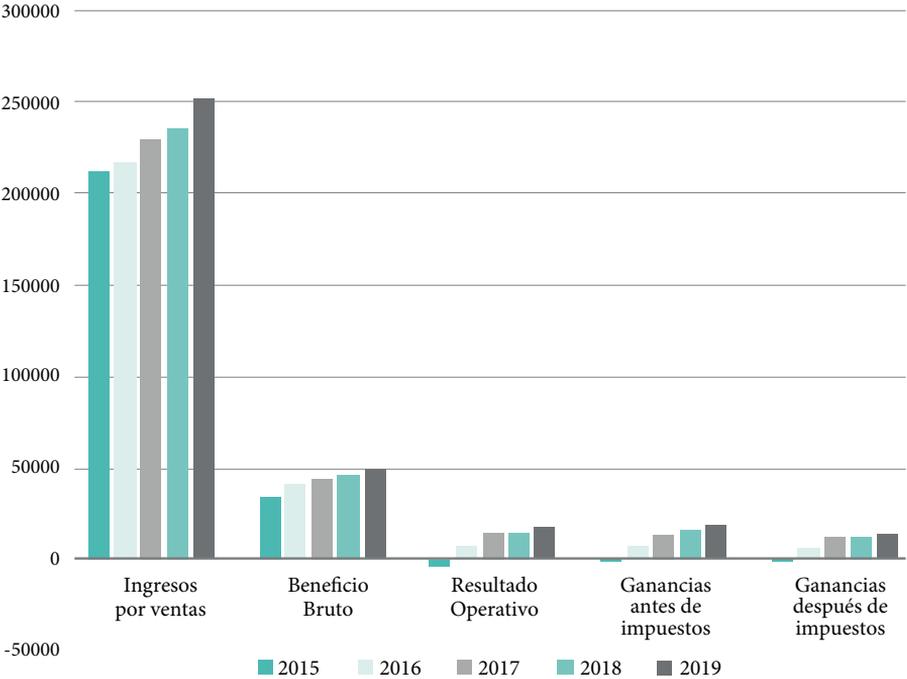


Gráfico 110. Comparación de cifras claves. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

En este sentido, el Grupo Volkswagen gestiona procesos de ahorro de agua en la totalidad de las plantas ubicadas alrededor del mundo durante los procesos de producción, de acuerdo con las especificaciones de la organización, lo cual le ha permitido que en el año 2018 se le haya otorgado a Volkswagen una calificación A (en el *ranking* WDP), por la excelente gestión sostenible del agua.

Por otro lado, el Grupo Volkswagen es considerado actualmente como uno de los principales fabricantes de automóviles del mundo y el mayor fabricante de automóviles de Europa, ya que en condiciones de un mercado global difícil, el número de vehículos vendidos a sus clientes aumentó a 10.97 millones en 2019, en comparación con las ventas de vehículos registradas durante el año 2018, las cuales ascendieron a 10.8 millones de vehículos. Además, su participación del mercado mundial de automóviles aumentó en un 12.9 %, en comparación con un 12.2 % en 2018. Los ingresos por ventas grupales en 2019 fueron, en total, € 252.6 mil millones (2018: € 236 mil millones), mientras que las ganancias después de impuestos ascendieron a € 14 mil millones (2018: € 12,2 mil millones).

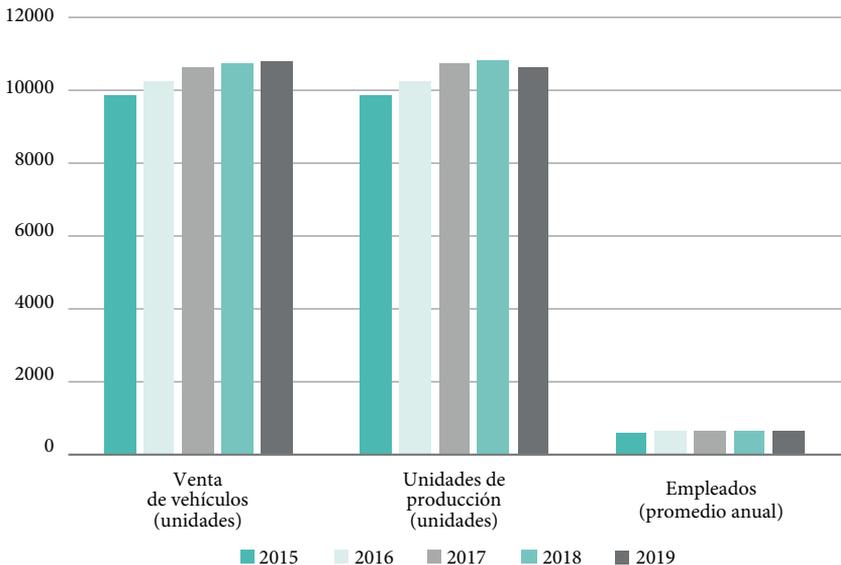


Gráfico 111. Volumen de datos. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

En el gráfico 110 es posible observar un incremento significativo en los ingresos por ventas de vehículos del Grupo Volkswagen durante el período de 2015 a 2019, así como también se observa un aumento de los beneficios brutos, los resultados operativos, las ganancias antes de impuestos y las ganancias después del pago de los impuestos correspondientes. Estos resultados le han permitido a la organización ser considerada como una de las empresas más im-

portantes en la producción de automóviles a nivel mundial, y la empresa de la industria automotriz más importante de Europa.

Con respecto al volumen de datos, el gráfico 111 muestra la existencia de un incremento sustancial en la venta de vehículos en términos de unidades durante el período de 2015 a 2019, así como un aumento en las unidades producidas en las distintas plantas de producción que tiene el Grupo Volkswagen alrededor del mundo, con excepción del año 2019, en el cual se registró una ligera disminución en comparación con las unidades producidas durante el año 2018, y ha permanecido prácticamente igual el número de empleados durante el período de 2015 a 2019, lo cual le ha permitido a la organización incrementar sustancialmente su cuota de mercado a nivel global.

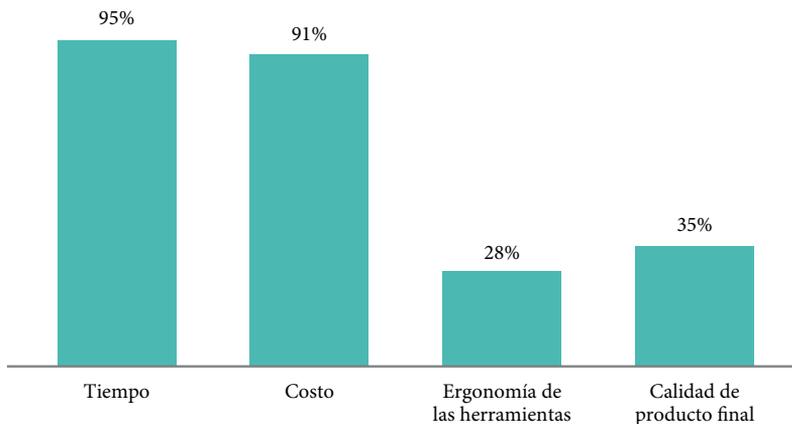


Gráfico 112. Ahorros con el uso de impresoras 3D en la planta Autoeuropa. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

Asimismo, los expertos en medioambiente del Grupo Volkswagen utilizan constantemente las herramientas del *lean manufacturing*, mediante el análisis de flujo de materiales, para analizar los procesos de producción y determinar con mayor precisión dónde y con qué eficiencia se deberán utilizar los materiales, las materias primas y la energía, ya que por lo regular la organización tiene un registro de los flujos de todos los materiales que se utilizan en formato de lectura de medida y unidades de medida, para que a los oficiales ambientales de Volkswagen se les facilite la lectura y el análisis de la información, y puedan comprar las cifras para identificar cualquier anomalía en los

procesos, y tengan la capacidad para determinar: ¿Cuánta agua se necesita realmente para enjuagar una pieza de trabajo? ¿Dónde, exactamente, se generan los compuestos orgánicos volátiles y cuáles, específicamente? Luego usan este conocimiento para idear mejoras específicas y resolver el problema.

En cuanto a los ahorros logrados con el uso de impresoras 3D en la Planta Autoeuropa, ubicada en Portugal, el gráfico 112 muestra que el Grupo Volkswagen ha logrado ahorros significativos con la implementación de Ultimaker, pues se obtuvieron ahorros del 95 % en el tiempo de producción de los vehículos y un 91 % en los costos de producción, aunado a un 35 % en la mejora de la calidad de los vehículos producidos y de un 28 % en la ergonomía de las herramientas utilizadas en el proceso de producción. Por lo tanto, la utilización de Ultimaker como una herramienta más de trabajo puede significar una diferencia de cientos de miles de euros de ahorro al año, incluso si se trata solamente de la utilización de la impresión en 3D de pequeño formato.

Trasladado a cifras monetarias, la Planta Autoeuropa logró un ahorro de un poco más de €150 000 durante el primer año de la implementación de las impresoras 3D en los procesos de producción de vehículos, y se tienen buenas expectativas de que se incrementen aún más los ahorros en los siguientes años, hasta lograr un ahorro total de €250 000. Mediante el uso de herramientas, plantillas y accesorios impresos en 3D, el Grupo Volkswagen ha conseguido reducir significativamente el tiempo de producción de piezas, la necesidad de mano de obra y los desechos metálicos industriales, y todo ello a cambio de una décima parte del costo habitual que tienen los procesos tradicionales de producción de autopartes en la industria automotriz a nivel mundial.

En este sentido, la impresión en 3D con Ultimaker le ha permitido a Volkswagen construir geometrías complejas con cavidades, muecas y salientes que difícilmente se podrían realizar en una máquina convencional, por lo que autopartes que anteriormente eran irrealizables por procesos de producción tradicionales, ahora se pueden fabricar sin problema alguno gracias a la fabricación aditiva. Otra ventaja que tiene la impresión en 3D con Ultimaker es que las piezas se pueden realizar en cuestión de horas; y si se detecta un error en la pieza, solamente se deberá de revisar el archivo CAD y volver a imprimir la pieza. Con ello, se ahorra muchas horas en el proceso de producción, ya que el mecanizado de una herramienta de producción generalmente suele llevar varias semanas, sobre todo, en aquellos casos donde hay varios diseños o ensambla-

jes. Con la utilización de la fabricación aditiva esos plazos se acortan sustancialmente entre un 40 % y un 90 %.

Adicionalmente, algunos de los ejemplos más importantes de la aplicación de la impresión 3D con Ultimaker en la Planta Autoeuropa de Volkswagen ubicada en Portugal, son los que se presentan en los siguientes gráficos:

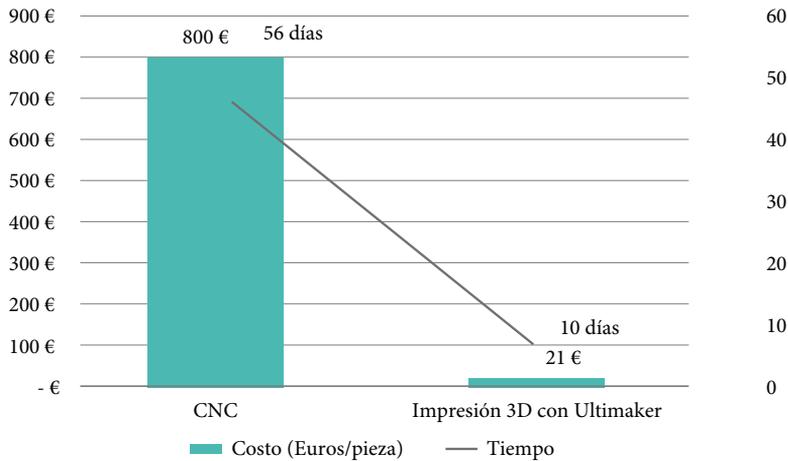


Gráfico 113. Protección de ruedas. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

En el gráfico 113 se puede observar la utilización de la impresión 3D en la fabricación de protectores para las ruedas de los vehículos de Volkswagen, las cuales son utilizadas durante el ensamblaje y el montaje con los tornillos, lo cual permite evitar daños y arañazos en las llantas de los vehículos. Por lo tanto, los costos de desaprovechamiento podrían ser enormes para el Grupo Volkswagen de no utilizar este tipo de protección en el armado de las llantas de los vehículos nuevos, por lo que la utilización de la fabricación aditiva es fundamental en los procesos de armado de los vehículos.

El gráfico 114 muestra la producción del calibre de ventana triangular con impresión 3D, y se observa una reducción significativa tanto en dinero como en días en la producción de esta importante pieza automotriz, ya que conseguir la mayor precisión para el posicionamiento de las ventanillas traseras de los vehículos nuevos, al mismo tiempo que se asegura un acabado preciso y constante es esencial para el Grupo Volkswagen, y la impresión 3D le permite a la organización lograr sus objetivos.

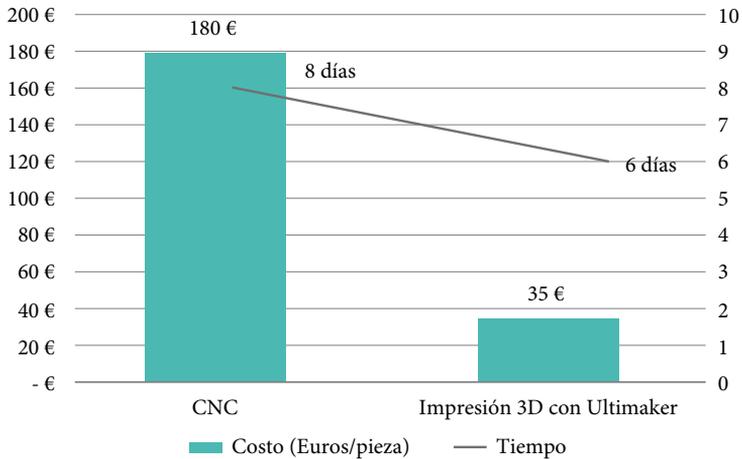


Gráfico 114. Calibre de ventana triangular. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

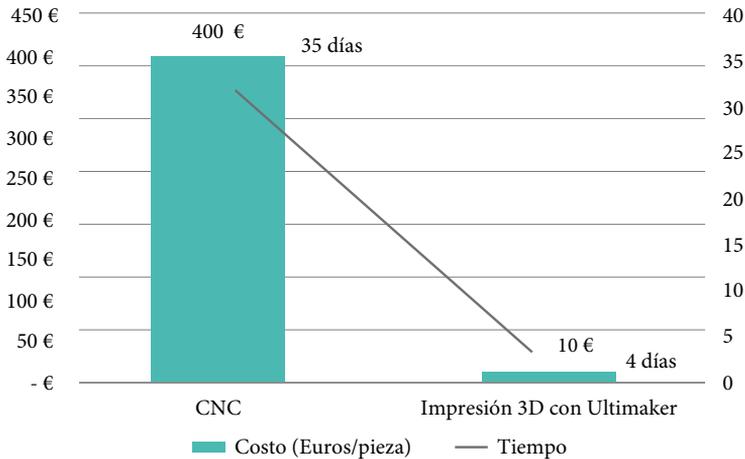


Gráfico 115. Insignia para puerta trasera. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

Con respecto a la producción de la insignia para la puerta trasera de los vehículos nuevos del Grupo Volkswagen utilizando la impresión 3D, en el gráfico 115 se puede apreciar que se tiene una disminución sustancial tanto en los costos de producción como en el tiempo que se requiere para su producción, ya que garantizar un correcto posicionamiento del emblema de la marca Volkswagen es esencial para la organización.

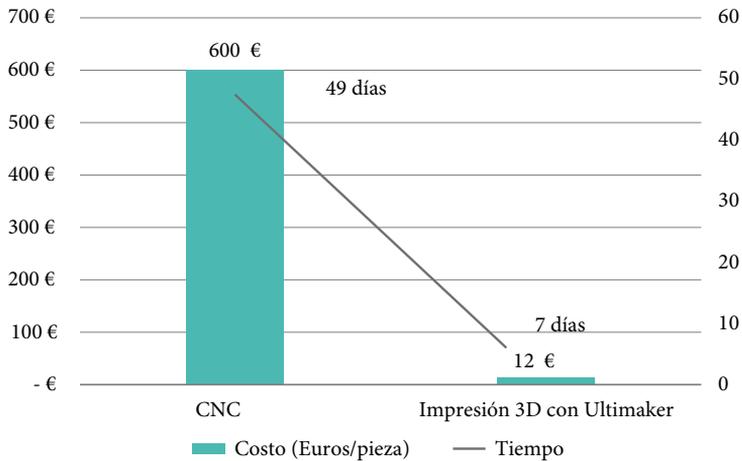


Gráfico 116. Premontaje del tapón de combustible. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

Finalmente, en cuanto al premontaje del tapón de combustible de los vehículos nuevos del Grupo Volkswagen con impresión 3D, el gráfico 116 muestra una reducción significativa en términos de costos y tiempo en la producción de esta importante pieza, ya que esta pieza ayuda al operario durante el proceso de montaje del tapón del combustible, y evita daños y arañazos al tapón al momento de colocarse, lo cual es una operación esencial para el Grupo Volkswagen en términos de la calidad de los vehículos que fabrica.

En términos generales, una de las principales conclusiones de la utilización de la impresión 3D con Ultimaker en la producción de piezas para los vehículos nuevos que está realizando el Grupo Volkswagen en la Planta Autoeuropa de Portugal, es que no siempre es necesario la realización de grandes inversiones para conseguir innovaciones y rápidos retornos de la inversión, ya que con la utilización de pequeños equipos de escritorio de calidad profesional, como es el caso de la impresora 3D de Ultimaker, se pueden mejorar significativamente los procesos de producción de una diversidad de aplicaciones concretas, lo cual a largo plazo supone un importante ahorro para las empresas de la industria automotriz.

Por otro lado, a través de la adopción e implementación de medidas de eficiencia energética y con el suministro de electricidad desde un parque eólico a partir del año 2017, la empresa Volkswagen de México dejó de emitir alre-

dedor de 215 mil toneladas de CO₂ al ambiente entre los años 2012 y 2019. Así, cerca del 70 % de la electricidad que consumen en conjunto las plantas de Puebla y Silao de Volkswagen México proviene de fuentes renovables. Con ello, el ahorro de energía eléctrica es equivalente al consumo anual de electricidad de un poco más de 28 300 familias mexicanas. Además, en el marco del día mundial del ahorro de energía, Volkswagen de México presentó los avances de su estrategia en materia de eficiencia energética en los procesos de producción, a través de los cuales ha logrado, entre otros resultados, dejar de emitir alrededor de 215 mil toneladas de CO₂ en la última década.

Estos resultados importantes son derivados de una serie de acciones implementadas por Volkswagen de México, que incluyen el suministro de energía a través de un parque eólico que, tan solo durante el año 2019, ha abastecido alrededor del 70 % del consumo de electricidad en conjunto de las plantas de vehículos y motores ubicadas en Silao. Por ello, Volkswagen de México se ha fijado como meta para el año 2025 la reducción del 45 % en el impacto de su producción al medioambiente en lo que se refiere al consumo de energía, agua, generación de residuos, generación de COVs y emisiones de CO₂. Para ello, participan alrededor de 20 plantas de producción de vehículos y componentes a nivel mundial, y Volkswagen de México se ha fijado un objetivo más retador, ya que contempla una reducción del 51 % en estos mismos indicadores, tomando como base de comparación los registros obtenidos en el año 2010.

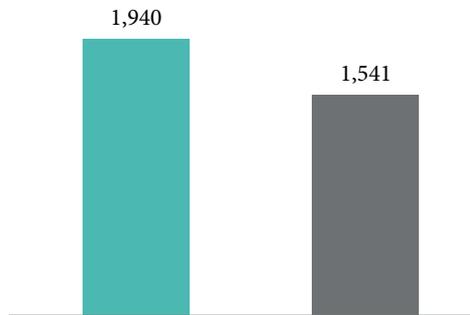


Gráfico 117. Consumo de energía por vehículo producido. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

El gráfico 117 muestra el consumo de energía por vehículo producido en las dos plantas de producción de Volkswagen México, y se puede observar una

disminución significativa en el consumo de energía, al pasar de 1 940 kWh por vehículo producido registrados en el año 2010, a solamente 1 541 kWh por vehículo producido durante el año 2019. Estos resultados son derivados de la implementación de una estrategia empresarial basada en tres ejes de acción fundamentales: planificación, establecimiento de indicadores y ejecución de medidas de ahorro, las cuales han permitido a Volkswagen de México reducir en un 21 % su consumo de energía por vehículo producido en nueve años. Además, ha puesto en marcha más de 300 medidas de eficiencia, que sumadas dan como resultado un ahorro total de 85 millones de kWh, equivalentes al consumo anual de electricidad de 28 300 familias.

<i>Estructura de informes del grupo Volkswagen</i>			
División automotriz		División de servicios financieros	
Automóviles de pasajeros Área comercial	Vehículos comerciales Área de negocio	Ingeniería de energía Área de negocio Ingeniería de energía	Financiamiento de concesionarios y clientes
Volkswagen Automóviles de pasajeros	Scania Vehículos y servicios		Arrendamiento, Banca directa, Seguros, Gestión de flotas, Ofertas de movilidad
Audi Škoda Seat Bentley Porsche Automotriz Volkswagen Vehículos comerciales Otros	Vehículos comerciales MAN		

Tabla 52. Estructura de Volkswagen México. Fuente: Volkswagen Annual Report 2020.

La tabla 52 muestra la estructura de Volkswagen México, y se observa la existencia de dos divisiones: la división automotriz y la división de servicios financieros, así como las distintas áreas en las que se desagregan estas dos divisiones. Así, la división automotriz comprende las áreas de negocio de turismo, que integra la marca Ducati que, a su vez, tiene asignada a la marca Audi, y

los vehículos comerciales e ingeniería. Adicionalmente esta área también comprende el desarrollo de vehículos, motores, *software* para vehículos, producción y venta de turismos, vehículos comerciales ligeros, camiones, autobuses, motocicletas, negocios de repuestos originales, motores diésel de gran calibre, turbomáquinas, reductores especiales y componentes de propulsión. Por su parte, la división de servicios financieros comprende el financiamiento de concesionarios y clientes, el arrendamiento de vehículos, la banca directa, seguros, gestión de flotas de vehículos y ofertas de movilidad.

	Ventas de vehículos		Ingresos por ventas		Resultado operativo	
	2020	2019	2020	2019	2020	2019
Miles de vehículos/millones de €						
Coches de pasajeros Volkswagen	2 835	3 677	71 076	88 407	454	3 785
Audi	1 017	1 200	49 973	55 680	2 739	4 509
Škoda	849	1 062	17 081	19 806	756	1 660
Seat	484	667	9 198	11 496	-339	445
Bentley	11	12	2 049	2 092	20	65
Porsche Automotriz	265	277	26 086	26 060	4 021	4 210
Vehículos comerciales Volkswagen	345	456	9 358	11 473	-454	510
Vehículos y servicios Scania	73	101	11 521	13 934	748	1 506
Vehículos comerciales MAN	118	143	10 838	12 663	-631	402
Ingeniería de la energía	-	-	3 640	3 997	-268	159
vw China	3 577	4 048	-	-	-	-
Otro	-418	-685	-26 573	-30 931	759	-917
Servicios financieros Volkswagen	-	-	38 637	37 957	2 803	2 960
Grupo Volkswagen ante de partidas especiales	-	-	-	-	10 607	19 296
Artículos especiales	-	-	-	-	-931	-2 336
<i>Grupo Volkswagen</i>	<i>9 157</i>	<i>10 956</i>	<i>222 884</i>	<i>252 632</i>	<i>9 675</i>	<i>16 960</i>
División automotriz	9 157	10 956	182 106	212 473	6 664	13 748
Área de negocio de turismos	8 965	10 713	156 311	182 031	7 224	12 188
Área de Negocio de Vehículos Comerciales	191	243	22 156	26 444	-79	1 653
Área de Negocio de Ingeniería Eléctrica	-	-	3 640	3 997	-482	-93
División de servicios financieros	-	-	40 778	40 160	3 012	3 212

Tabla 53. Cifras claves por marca y ámbito de negocio. Fuente: Volkswagen Annual Report 2020.

La tabla 53 presenta las cifras claves por marca y ámbito de negocio de Volkswagen, en comparación del año 2020, con los resultados obtenidos en 2019. Se observa que durante el año 2020 Volkswagen México se vio fuertemente afectado por la pandemia del covid-19, por lo que los resultados obtenidos durante ese año son más bajos en cuanto a las ventas unitarias de vehículos, ingresos por ventas de vehículos y beneficio en toda la organización. Así, Volkswagen de México generó utilidades operativas antes de impuestos por un poco más de 10.6 mil millones de euros, siendo esta cantidad inferior a la registrada durante el año 2019, que fue de 19.3 mil millones de euros; mientras que las ventas de vehículos fueron solamente de 9.2 millones, cifra menor a la registrada en el 2019, que fue de 11 millones de vehículos; y los ingresos por ventas disminuyeron significativamente en un 11.8 % para llegar a los 222 900 millones de euros.

Miles de vehículos/millones de euros	<i>Venta de vehículos</i>		<i>Ingresos por ventas</i>	
	2020	2019	2020	2019
Europa/otros mercados	3 929	4 856	133 499	153 999
América del Norte	744	956	36 810	43 351
América del Sur	471	607	8 632	11 297
Asia-Pacífico ¹	4 012	4 538	44 288	43 974
Coberturas de ingresos por ventas	-	-	-345	11
Grupo Volkswagen ¹	9 157	10 956	222 884	252 632

¹ Los ingresos por ventas de las empresas conjuntas en China no se incluyen en las cifras del Grupo y del mercado Asia-Pacífico.

Tabla 54. Cifras claves por mercado. Fuente: Volkswagen Annual Report 2020.

Con respecto a las cifras claves por mercado, en la tabla 54 se pueden observar los resultados obtenidos de la venta de vehículos y los ingresos por ventas del año 2020, comparados con los obtenidos en 2019. Se muestra que en la región de Europa y otros mercados las ventas de vehículos disminuyeron un 19.1 %, registrando ventas de un poco más de 3.9 millones de vehículos; mientras que en el mercado de América del Norte las ventas de vehículos también disminuyeron en un 22.1 %, en comparación con las ventas registradas en 2019.

Los ingresos por ventas fueron solamente de 36.8 mil millones de euros, menores que los registrados en 2019, que ascendieron a 43.4 mil millones de euros. Por su parte, en la región de América del Sur se vendieron 471 mil vehículos durante el año 2020, siendo menores en un 22.4 % con respecto a las registradas en el año 2019, dando como resultado una disminución en los ingresos por ventas del 23.6 %, que fueron de 8 600 millones de euros. Por último, en la región Asia-Pacífico las ventas de vehículos fueron de 4 millones de vehículos, 0.5 millones de vehículos menos que las registradas en 2019, y los ingresos por ventas fueron de 44.3 mil millones de euros, 0.3 mil millones de euros superiores a las registradas durante el año 2019.



Figura 18. La cadena de valor de Volkswagen. Fuente: Volkswagen Annual Report 2020.

La figura 18 muestra la cadena de valor establecida en Volkswagen México. Se puede observar las seis actividades sustanciales que integran su cadena de valor, las cuales están integradas a la Estrategia TOGETHER 2025 +, que inició durante el año 2016 y cuyo objetivo es agudizar el enfoque de los proyectos estratégicos y dar un seguimiento de manera más sistemática a su implementación, con la finalidad de que en un futuro cercano la movilidad sea aún más sustentable para las generaciones presentes y futuras. Además, con el desarrollo de propulsores eléctricos, conectividad digital y una conducción autónoma Volkswagen de México quiere que sus vehículos sean más limpios, silenciosos, inteligentes y seguros, ya que la organización está totalmente comprometida con el Acuerdo de París para la protección del cambio climático, y es una de las primeras empresas de la industria automotriz en realizar un compromiso de convertirse en una empresa neutral en la emisión de carbono para 2025.

	2015	2025
Retorno operativo sobre las ventas	6.0 %	7.0 y 8.0 %
Ratio de investigación y desarrollo (ratio de I + D) en la División de Automotriz	7.4 %	~6 %
Capex/ingresos por ventas en la División Automotriz	6.9 %	~6 %
Flujo de caja neto en la División Automotriz	8 887 millones de euros	> 10 mil millones de euros
Proporción de pago	negativo	≥ 30 %
Liquidez neta en la División Automotriz	24 522 millones de euros, 11.5 %	~ 10 % de los ingresos por ventas consolidados
Retorno de la inversión en la División Automotriz	-0.2 %	>14 %

Tabla 55. Rentabilidad competitiva. Fuente: Volkswagen Annual Report 2020.

La tabla 55 muestra la rentabilidad competitiva de Volkswagen. Se pueden apreciar los distintos aspectos que integran la rentabilidad competitiva de la organización, cuyo objetivo esencial es la excelencia operativa en la totalidad de los procesos de negocio, de tal manera que le permita a la organización convertirse en el referente de la industria automotriz a nivel mundial. Además, la rentabilidad competitiva se establece para fines de gestión interna de la compa-

ña, ya que los datos objetivos y reales se derivan de las cifras del Grupo Volkswagen, los cuales se basan en nueve indicadores estratégicos de rendimiento:

- Entregas a clientes
- Los ingresos por ventas
- Resultado de la operación
- Retorno operativo sobre las ventas
- Ratio de investigación y desarrollo (ratio de I + D) en la División de Automotriz
- Capex/ingresos por ventas en la División Automotriz
- Flujo de caja neto en la División Automotriz
- Liquidez neta en la División Automotriz
- Retorno de la inversión (ROI) en la División Automotriz

Asimismo, Volkswagen utiliza el rendimiento de la inversión para calcular el rendimiento del capital invertido durante un período particular en la división automotriz, lo cual quiere decir que si el retorno de la inversión excede el costo de mercado del capital, el valor de la organización se ha incrementado sustancialmente. De esta forma es como Volkswagen mide el éxito financiero de sus marcas, ubicaciones y proyectos de vehículos.

	2020	2019	Porcentaje
Vehículos de pasajeros	9 115 185	10 733 077	-15.1
Vehículos comerciales	190 187	242 220	-21.5
Total	9 305 372	10 975 297	-15.2

Tabla 56. Ventas de vehículos de Volkswagen. Fuente: Volkswagen Annual Report 2020.

En la tabla 56 se pueden observar las ventas de vehículos de Volkswagen en los dos últimos años. Se muestra que para el año 2020, a pesar de la pandemia de covid-19, el Grupo Volkswagen tuvo ventas de 9 305 372 vehículos que fueron entregados a clientes de todo el mundo, aun así, se vio reflejada una disminución del 15.2 % equivalente a 1 669 925 vehículos con respecto a las ventas registradas en el año 2019, lo cual demuestra la imagen que tiene la organización en el mercado y la popularidad de las distintas marcas del Grupo Volkswagen, y es la medida que se utiliza para determinar la posición competitiva en los distintos mercados en los que participa. Además, los ingresos por ven-

tas reflejan el éxito en el mercado que ha tenido el Grupo Volkswagen, respecto a términos financieros. Así, los siguientes gráficos muestran la tendencia de las ventas de vehículos que ha realizado el Grupo Volkswagen en los mercados en los cuales participa.



Gráfico 118. Ventas mensuales de vehículos (miles de vehículos). Fuente: Volkswagen Annual Report 2020.

En el gráfico 118 es posible observar un comparativo de las ventas mensuales realizadas por el Grupo Volkswagen entre los años 2019 y 2020. Se muestra, en términos generales, una disminución en las ventas realizadas en el año 2020, en comparación con las registradas en el año 2019. Aun cuando las ventas registraron un aumento moderado en los últimos cuatro meses del año 2020, estas fueron menores a las obtenidas en los mismos meses del año 2019, lo cual indica que la pandemia del covid-19 afectó sustancialmente las ventas realizadas por el Grupo Volkswagen a nivel mundial.

Con respecto a las ventas mundiales de vehículos del Grupo Volkswagen por modelos, en el gráfico 119 se observa que el automóvil Tiguan fue el vehículo más vendido durante el año 2020, al registrar ventas de 519 mil unidades; seguido del automóvil Polo con un registro de ventas de 488 mil unidades y del automóvil Pasat, con ventas de 485 mil unidades; mientras que el automóvil T-Cross fue el menos vendido con una cantidad de 296 mil unidades durante el año 2020. Asimismo, Volkswagen se adapta a las necesidades de sus clientes al

agregar a su lista más vehículos. Particularmente, la nueva oferta se centró en la incorporación de vehículos eléctricos a partir de 2020, entre ellos, destaca el nuevo ID.3 compacto, que es el primer vehículo Modular Electric Drive Toolkit, el cual establece parámetros para los ejes, sistemas de propulsión, baterías de alto voltaje, distancias entre ejes y relaciones de peso para garantizar que el vehículo cumpla de manera óptima los requisitos de la movilidad eléctrica.

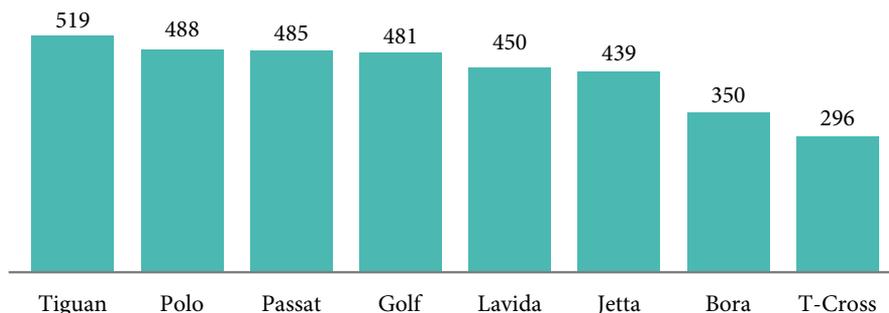


Gráfico 119. Ventas mundiales de vehículos por modelos (miles de vehículos). Fuente: Volkswagen Annual Report 2020.

Además, Volkswagen también amplió su gama de vehículos eléctricos, añadiendo el nuevo ID.4, un SUV totalmente eléctrico diseñado para uso urbano. Asimismo, se realizó el lanzamiento de la octava generación del nuevo Golf (incluidos el Golf GTI, Golf R y Golf Estate), así como del T-Roc Cabriolet y el Arteon Shooting Brake, el cual es una combinación de exclusividad y practicidad de alto nivel. Por último, se lanzó el primer modelo Tiguan R, entre algunos otros modelos que recibieron actualizaciones en sus componentes. Asimismo, la marca Audi también agregó más vehículos totalmente eléctricos a su gama de productos durante el año 2020, como, por ejemplo, el Audi e-tron Sportback, que celebró su lanzamiento al mercado con una nueva interpretación del diseño de coupé, y se amplió la gama de vehículos híbridos enchufables, entre los que destacan los modelos S del Q7 y Q8, y los vehículos eléctricos e-tron y el e-tron Sportback.

Adicionalmente, la marca Seat lanzó los sucesores del León y el León Sportstourer durante el año 2020, y tanto la marca Seat como CUPRA ampliaron sus gamas de productos mediante la incorporación de dos versiones híbridas enchufables del León en cada caso. La marca Volkswagen Vehículo

los Comerciales rediseñó completamente el Caddy, que ahora cuenta con tecnologías del Kit de herramientas transversal modular (MQB), que consiste en una extensión de la estrategia modular. Esta plataforma se puede implementar en vehículos cuya arquitectura permita una disposición transversal de los componentes del motor. La perspectiva modular permite lograr grandes sinergias entre los vehículos de las marcas Volkswagen Passenger Cars, Volkswagen Commercial Vehicles, Audi, Seat y Škoda.

<i>Millones de euros</i>	2020	2019	2018	2017	2016
Inversiones	4	9	13	17	11
Costos de operación	225	233	230	227	223

Tabla 57. Gastos en protección medioambiental. Fuente: Volkswagen Annual Report 2020.

La tabla 57 muestra los gastos realizados en la protección del medioambiente por parte del Grupo Volkswagen, y se puede observar la existencia de una reducción significativa en este tipo de gastos a partir del año 2017, al pasar de 17 millones de euros registrados durante el año 2017 a solamente 4 millones de euros en el año 2020; mientras que los distintos costos de operación de la protección medioambiental se incrementaron sustancialmente en el período de 2016 a 2019, al pasar de 223 millones de euros registrados en el año 2016 a 233 millones de euros registrados durante el año 2019; pero durante el año 2020 estos costos de operación se redujeron a 225 millones de euros. Así, durante el 2020 el Grupo Volkswagen invirtió principalmente en la protección del clima y en el control de la contaminación del suelo y el agua de la localidades donde se encuentran ubicadas sus plantas de producción, tanto de vehículos como de autopartes.

Con respecto a los costos operativos para la protección del medioambiente realizados por el Grupo Volkswagen durante el año 2020, en el gráfico 120 es posible observar que la gestión de aguas residuales es a la que se le dedica al mayor de los costos, al registrar durante el año 2020 el 29.8 % de los costos totales de protección al medioambiente, seguido de la gestión de residuos con un 28.5 %, el control de la contaminación atmosférica con un 15.2 % de los costos y el control de la contaminación del suelo y agua con un 13.7 % del total de los costos de protección al medioambiente. Además, los costos operativos reconocidos corresponden a medidas que protegen el medioambiente frente a factores

nocivos, evitando, reduciendo o eliminando emisiones por parte de la organización. Como en años anteriores, en 2020 el Grupo Volkswagen hizo hincapié en la gestión de aguas residuales y residuos.

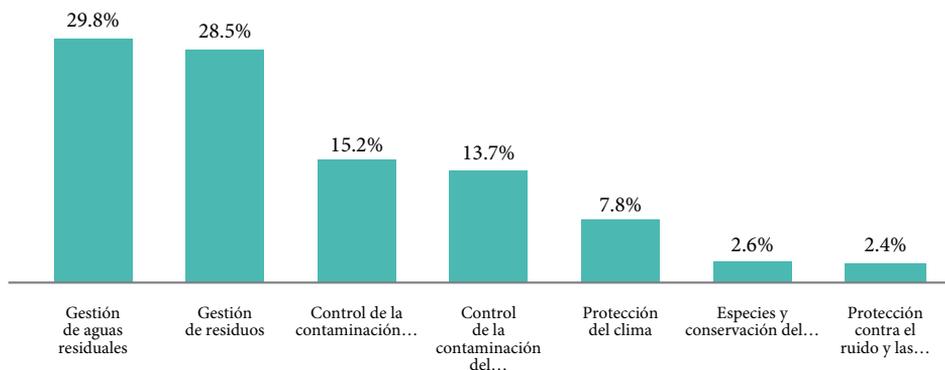


Gráfico 120. Costos operativos para la protección del medioambiente en 2020. Fuente: Volkswagen Annual Report 2020.

Adicionalmente, el Grupo Volkswagen ha desarrollado una estrategia de sustentabilidad empresarial, para lo cual ha adoptado e implementado diversas actividades de gestión del medioambiente, de tal manera que le permita lograr su objetivo planteado para el año 2025 de dar sustentabilidad a la movilidad para las generaciones presentes y futuras, para lo cual la sustentabilidad del medioambiente se encuentra en el centro de sus acciones corporativas. En este sentido, el Grupo Volkswagen está implementando diversas actividades del *lean manufacturing*, a través de una transformación industrial y un cambio sustancial en sus procesos de producción que le permita adaptarse a la transición de la movilidad eléctrica, la digitalización y los nuevos servicios de movilidad, lo cual le permitirá a la organización convertirse en la empresa líder a nivel mundial en la movilidad individual en la nueva era eléctrica y de conexión.

Bajo este panorama, el Grupo Volkswagen está en proceso de realización de los cambios necesarios para lograr estas metas, y ha decidido adoptar e implementar a partir del año 2020 un ambicioso programa de descarbonización, lo cual le permitirá convertirse en una empresa neutra en carbono para el año 2050. Por lo tanto, Volkswagen actualmente está asumiendo un papel pionero al realizar este compromiso medioambiental, basado particularmente en el

Acuerdo Climático de París, para lo cual ha creado un Consejo de Sustentabilidad que está formado por expertos de alto renombre internacional del mundo académico, la política y la sociedad en general. Así, el Consejo establece sus propios métodos de trabajo y áreas de enfoque de forma independiente, tiene amplios derechos para intercambiar información, consultar e iniciar acciones, y consulta periódicamente con el consejo de administración, la alta dirección y los representantes de los trabajadores.

Finalmente, el Consejo de Sustentabilidad del Grupo Volkswagen diseñó e implementó dos proyectos fundamentales: un proyecto de investigación sobre los efectos de distribución de las políticas fiscales y de transporte relacionadas con el clima, conjuntamente con el Instituto de Investigación de Mercator sobre Bienes Comunes Globales y Cambio Climático, y un estudio en colaboración con el Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation ([IAO] Instituto Fraunhofer de Ingeniería Industrial), para analizar detalladamente los efectos de la digitalización y la movilidad eléctrica en el empleo de la industria automotriz, para lo cual se creó en 2016 un laboratorio de pruebas de movilidad sustentable. El Open Source Lab on Sustainable Mobility concluyó su trabajo durante el año 2020 con la publicación de los resultados del proyecto.

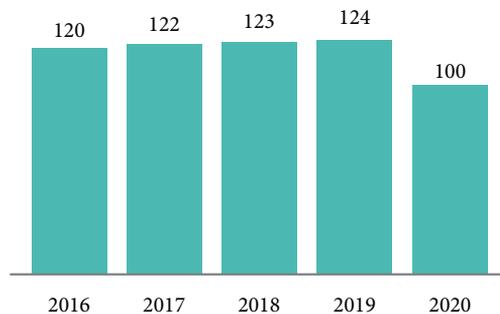


Gráfico 121. Emisiones globales de CO₂ de automóviles de pasajeros (g/km). Fuente: Volkswagen Annual Report 2020.

El gráfico 121 muestra las emisiones globales de CO₂ de los automóviles de pasajeros producidos por el Grupo Volkswagen. Es posible observar la existencia de un incremento en las emisiones globales de CO₂ de los automóviles de pasajeros durante el período de 2016 a 2019, al pasar de una emisión de 120 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido registrados durante el año 2016 a una

emisión de 124 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido registrados en el año 2019; mientras que durante el año 2020 se registró una disminución sustancial, al registrar solamente 100 gramos de emisión de CO₂ por kilómetro recorrido, lo cual le está permitiendo a la organización lograr los objetivos establecidos, que son el aprovechamiento de las sinergias en todo el Grupo Volkswagen y actuar como modelo a seguir para la mejora de la sustentabilidad y el cuidado del medioambiente.

Además, los nuevos automóviles de pasajeros producidos a partir del año 2020 del Grupo Volkswagen en Europa (excluidas las marcas Lamborghini y Bentley), emitieron una media de 99.9 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido durante el año 2020, que fue de un 20 % menor con el registrado en el año 2019. Asimismo, en Estados Unidos de América, la regulación de las emisiones de CO₂ es totalmente distinta a la establecida en Europa; por ejemplo, en términos del proceso de prueba subyacente, el período de evaluación corresponde al año del modelo de los vehículos en lugar del año calendario, y el período para compensar cualquier incumplimiento de los límites de CO₂ comprende tres años anteriores al modelo. Así, durante el año 2020 el Grupo Volkswagen cumplió con las regulaciones que se aplican a la emisión de gases de efecto invernadero en los Estados Unidos, sujeto a cualquier notificación alternativa por parte de las autoridades.

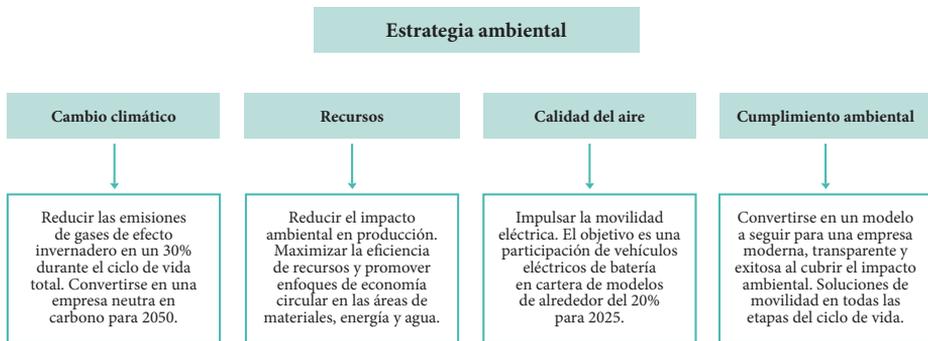


Figura 19. Estrategia ambiental de Volkswagen. Fuente: Elaboración propia basada en Volkswagen Annual Report 2020.

En la figura 19 se aprecia la estrategia ambiental establecida por el Grupo Volkswagen, y se observa que la estrategia ambiental está cimentada en cuatro

pilas primordiales: cambio climático; recursos; calidad del aire y cumplimiento ambiental. Así, Volkswagen asume la responsabilidad del impacto medioambiental de sus actividades industriales, al realizar una declaración en su misión ambiental de *goTozero*, la organización aspira a minimizar los impactos medioambientales a lo largo de la totalidad del ciclo de vida de los vehículos que produce, desde la extracción de la materia prima hasta el final de la vida útil de todos los vehículos que produce, con la finalidad de mantener intactos los ecosistemas y ejercer una influencia positiva en la sociedad de la localidades donde se ubican sus plantas de producción de vehículos y autopartes.

Áreas de acción	Metas y acciones	Fecha límite	Estado
Cambio climático	Reducción del índice de descarbonización (ICD) en un 30 % respecto al año 2015	2025	Se identifican, conceptualizan e implementan medidas de reducción de CO ₂ a lo largo de todo el ciclo de vida del vehículo (turismos y vehículos comerciales ligeros) en todo el Grupo.
	Las emisiones inevitables de CO ₂ se compensan en cantidades cada vez más grandes.	Actualmente	
	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 para 2020 (en comparación con la línea de base de 2010).	2020	Inversión de alrededor de 26 millones de euros en energías renovables —parques eólicos y plantas fotovoltaicas—; Inversión de alrededor de 15 millones de euros en una planta combinada de calor y energía. Las inversiones de alrededor de 65 millones de euros en una central eléctrica de turbina de gas de ciclo combinado. Las emisiones de CO ₂ por vehículo de las operaciones de producción en Alemania ya se han reducido en alrededor del 28.6 % desde 2010.
Recursos	Producción de reducción del impacto ambiental (UEP): en todo el Grupo en su conjunto, el consumo de energía y agua, además de los niveles de residuos y emisiones, se reducirá en un 45 % por unidad producida (línea de base: 2010).	2025	UEP total 36.1 % en 2019
Cumplimiento ambiental	Mayor desarrollo del Grupo Volkswagen y del sistema de gestión ambiental, con un cumplimiento ambiental en innovaciones integrales en gestión de riesgos ambientales, auditoría, informes, capacitación, obligaciones vinculantes y manejo de discrepancias / incumplimientos.	2021	Diseño del sistema de gestión de cumplimiento ambiental completo. Políticas grupales y organizacionales adoptadas por el Consejo de Administración. Inicio de la implementación (Grupo o Volkswagen Aktiengesellschaft)
	Adopción de las correspondientes políticas del Grupo y de la organización, incluido el apoyo a la implementación global.		

Áreas de acción	Metas y acciones	Fecha límite	Estado
Calidad del aire	Lanzamiento de ID.	Actualmente	La producción del ID.3 como el primer vehículo basado en la nueva matriz modular de accionamiento eléctrico (MEB) comenzó en Zwickau en noviembre de 2019. La preproducción de ID. ya ha comenzado en la planta de Anting, en China, como la segunda planta. A partir de 2021, se construirán hasta 330 000 vehículos eléctricos en Zwickau por año
	Estreno mundial del primer ID.3 en las carreteras de Europa.	2020	A partir del verano, los primeros vehículos ID.3 se conducirán por las carreteras de Europa. El primer SUV totalmente eléctrico, la edición en serie del ID. CROZZ, celebrará su estreno mundial durante el año
	Inversión sustancial en movilidad eléctrica.	Para 2024 (objetivo intermedio 2023)	Volkswagen está invirtiendo 33 mil millones de euros en movilidad eléctrica en todo el Grupo para 2024, de los cuales invirtió 11 mil millones de euros en la marca Volkswagen. Se espera que el objetivo estratégico de un millón de vehículos eléctricos ya se logre a finales de 2023 y, por lo tanto, dos años antes de lo previsto anteriormente.
		Para 2025	Para 2025, la marca Volkswagen planea producir 1.5 millones de vehículos eléctricos. Para 2025, dependiendo de las tendencias del mercado, el Grupo quiere construir y vender hasta tres millones de vehículos totalmente eléctricos por año y lanzar más de 80 nuevos modelos electrificados del Grupo, incluidos 50 vehículos totalmente eléctricos.
		Para 2028	Se producen 70 nuevos modelos totalmente eléctricos del Grupo Volkswagen, 22 millones de vehículos eléctricos del Grupo Volkswagen.
	Construcción de una fábrica de celdas de batería de 16 gigavatios-hora.	Para 2020	Se construirá una fábrica de celdas de batería de 16 gigavatios-hora en Salzgitter. El inicio de la producción está previsto para finales de 2023/principios de 2024.
			Empresa conjunta con el fabricante sueco de baterías Northvolt.
	Apertura de la matriz modular de accionamiento eléctrico (MEB) para otros fabricantes.	2023	Ford planea ofrecer un vehículo MEB en Europa a partir de 2023 y espera vender más de 600 000 vehículos en un plazo de seis años

Tabla 58. Objetivos medioambientales. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

Adicionalmente, el Grupo Volkswagen también ha definido un indicador estratégico para lograr sus metas de sustentabilidad y del cuidado del medioambiente: el llamado Índice de Descarbonización (DKI), el cual mide las emisiones de CO₂ y CO₂ en las principales marcas de vehículos de turismo y comerciales ligeros en los mercados de Europa (Reino Unido, Noruega e Is-

landia), China y Estados Unidos de América durante todo el ciclo de vida de los vehículos. Asimismo, en este índice, la fase de utilización de los vehículos se calcula sobre una base de 200 000 kilómetros recorridos, y con referencia a los valores de la flota de vehículos específicos de la región, no se flexibilizan las cuestiones legales, ya que se tiene como meta que para el año 2025 el DKT reduzca las emisiones de CO₂ en un 30 %, en comparación con las emisiones registradas en el año 2015.

La tabla 58 muestra las cuatro áreas de acción de los objetivos medioambientales trazados por el Grupo Volkswagen, así como las metas, acciones y fechas para llevarse a cabo y el estado actual en que se encuentra cada una de ellas, observando la existencia de un avance sustancial en el desarrollo de cada una de las cuatro áreas de acción. Además, Volkswagen está enfocada en la reducción del consumo de combustible de los nuevos vehículos que está produciendo, pero esta iniciativa no es suficiente por sí sola para minimizar las emisiones de CO₂ de los vehículos al medioambiente. Por ello, la organización toma en cuenta el impacto medioambiental que generan sus vehículos a lo largo de su vida útil y en la totalidad de las etapas de la cadena de valor, lo cual incluye el proceso de producción, la producción de materiales, los procesos de sus proveedores y los procesos de producción en sus empresas y la fase de uso con las emisiones resultantes de los vehículos al final de su ciclo de vida útil.

Adicionalmente, el Grupo Volkswagen identifica las etapas del ciclo de vida de los distintos vehículos que produce, en las cuales las mejoras podrían tener el mayor efecto posible, y desarrolla las soluciones adecuadas para ello, a lo cual la organización le llama ingeniería del ciclo de vida de los vehículos. Además, en el reciclaje, que es uno de los medios más usados para reducir el impacto medioambiental y conservar los recursos naturales, Volkswagen toma en consideración la reciclabilidad de los materiales necesarios para el desarrollo de nuevos vehículos, utilizando para ello materiales reciclados de alta calidad, ya que de acuerdo con los estándares establecidos en la Unión Europea sobre los vehículos que han finalizado su ciclo de vida útil, los vehículos turismo y comerciales ligeros deberán ser reciclables en por lo menos un 85 %, y un 95 % recuperables, y los vehículos producidos por el Grupo Volkswagen en Europa cumplen sin problema alguno con estos estándares.

La tabla 59 indica los costos de protección medioambiental que tiene el Grupo Volkswagen, y se puede observar una disminución significativa en los costos de las inversiones realizadas en el período de 2010 a 2019, al pasar de

11 euros de inversión en protección medioambiental por vehículo producido registrados en el año 2010 a solamente 8 euros de inversión en la protección medioambiental por vehículo producido registrados durante el 2020. Esto no significa que la organización esté invirtiendo una menor cantidad de recursos en la protección del medioambiente, sino que derivado de la pandemia del covid-19, la producción de vehículos se redujo sustancialmente durante este año.

<i>En €/vehículo</i>	2019	2018	2010
Inversiones	8	12	11
Costos de explotación	218	206	179

Tabla 59. Costos de protección medioambiental. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

<i>En millones de mwh/año</i>	2019	2018	2010
Total	23.42	24.12	19.37
Electricidad	12.39	12.74	19.37
Automóviles y vehículos comerciales ligeros	11.14	11.47	8.72
Otras divisiones	1.25	1.27	0.72
Calor	6.61	6.81	6.46
Automóviles y vehículos comerciales ligeros	5.83	6.04	6.24
Otras divisiones	0.77	0.78	0.22
Gases combustibles para procesos de fabricación	4.42	4.56	3.47
Automóviles y vehículos comerciales ligeros	4.34	4.48	3.40
Otras divisiones	0.09	0.09	0.06

Tabla 60. Consumo de energía. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

En cuanto al consumo de energía, en la tabla 60 se puede observar un incremento sustancial en el consumo total de energía del Grupo Volkswagen en

la producción de vehículos durante el período de 2010 a 2019, al pasar de 19.37 millones de Mwh registrados en el año 2010 a 23.42 millones de Mwh registrados durante el año 2019. Sin embargo, comparado con el año 2018, el consumo total de energía durante el 2019 disminuyó ligeramente, al pasar de 24.12 millones de Mwh a 23.42 millones de Mwh; lo mismo sucede con el consumo de electricidad, el cual disminuyó significativamente, al pasar de 19.37 millones de Mwh registrados en 2010 a solamente 12.39 millones de Mwh consumidos durante el año 2019.

<i>En kwh/vehículo</i>	2019	2018	2010
Total	2 010	2 038	2 519
Electricidad	1 051	1 063	1 197
Calor	550	560	855
Gases combustibles para procesos de fabricación	409	415	467

Tabla 61. Consumo de energía por vehículo producido. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

En referencia al consumo de energía por vehículo producido, en la tabla 61 se observa una reducción sustancial en el consumo total de energía durante el período de 2010 a 2019, al pasar de 2 519 kwh por vehículo producido durante el año 2010 a solo 2 010 kwh por vehículo producido registrado en 2019. Lo mismo sucede con el consumo de electricidad, al pasar de un consumo de 1 197 kwh por vehículo producido registrados en 2010 a solamente un consumo de 1 051 kwh por vehículo producido en el año 2019; mientras que el consumo de calor también disminuyó al pasar de 855 kwh por vehículo producido en el año 2010 a 550 kwh por vehículo producido registrado durante 2019.

En lo que respecta a las emisiones directas de CO₂ por vehículo producido en el Alcance 1 del Grupo Volkswagen, la tabla 62 muestra una disminución significativa en las emisiones de CO₂, al pasar de 588 kilogramos de emisiones de CO₂ por vehículo producido registradas en el año 2010 a solamente 338 kilogramos de emisiones de CO₂ por vehículo producido registrados durante el año 2019, lo cual permite establecer que la organización ha dejado de emitir miles de toneladas de CO₂ al medioambiente en la última década.

<i>En kg/vehículo</i>	2019	2018	2010
Emisiones directas de CO ₂ (Alcance 1)	338	346	588

Tabla 62. Emisiones directas de CO₂ por vehículo producido. Alcance 1. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

<i>En millones de toneladas/año</i>	2019	2018	2010
Emisiones directas de CO ₂ (Alcance 1)	3.77	3.91	4.32
Automóviles y vehículos comerciales ligeros	3.58	3.74	4.29
Otras divisiones	0.19	0.17	0.03

Tabla 63. Emisiones directas de CO₂. Alcance 1. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

Con relación a las emisiones directas de CO₂ en el Alcance 1 del Grupo Volkswagen, en la tabla 63 es posible observar una reducción sustancial en las emisiones totales de CO₂ en el período de 2010 a 2019, al pasar de 4.32 millones de toneladas de emisiones de CO₂ en el Alcance 1 del Grupo Volkswagen registrados en el año 2010, a solamente 3.77 millones de toneladas de emisiones de CO₂ registradas durante el año 2019. La reducción en las emisiones directas de CO₂ se encuentran particularmente en la producción de automóviles y vehículos comerciales ligeros de las diversas marcas que tiene Volkswagen, lo cual permite establecer en términos generales que la organización dejó de emitir a la atmósfera 0.55 millones de toneladas de emisiones de CO₂ y otros gases invernadero, contribuyendo con ello a la mejora significativa del cambio climático.

<i>En millones de toneladas/año</i>	2019	2018	2010
Emisiones de CO ₂ (Alcance 1 + 2)	7.57	8.20	8.04
Automóviles y vehículos comerciales ligeros	7.16	7.77	7.99
Otras divisiones	0.41	0.44	0.05

Tabla 64. Emisiones directas de CO₂ Alcances 1 y 2. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

En lo concerniente a las emisiones totales directas de CO₂, en los Alcances 1 y 2 del Grupo Volkswagen, en la tabla 64 se muestra la existencia de una disminución importante en las emisiones directas de CO₂ en los Alcances 1 y 2 durante el período de 2010 a 2019, al pasar de una registro de 8.04 millones de toneladas de emisiones de CO₂ durante el año 2010 a tan solo 7.57 millones de toneladas de emisiones de CO₂ en el año 2019, lo cual permite establecer que el Grupo Volkswagen dejó de emitir a la atmósfera 0.47 millones de toneladas de emisiones de CO₂, contribuyendo con este tipo de acciones a la mejora de la sustentabilidad ambiental y del cambio climático.

<i>En millones de m³/año</i>	2019	2018	2010
Volumen de agua	46.92	55.68	37.23
Automóviles y vehículos comerciales ligeros	37.8	41.61	33.11
Otras divisiones	9.12	14.07	4.12
Volumen de aguas residuales	29.93	30.65	27.93
Automóviles y vehículos comerciales ligeros	28.22	29.02	27.41
Otras divisiones	1.70	1.64	0.52

Tabla 65. Uso de agua potable y aguas residuales. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

En referencia al consumo de agua potable y la reutilización de las aguas residuales, en la tabla 65 se puede observar que se incrementó significativamente el consumo de agua potable en la producción total de vehículos del Grupo Volkswagen en el período de 2010 a 2019, al pasar de 37.23 millones de m³ de uso de agua potable registrados en el año 2010 a un consumo de 46.92 millones de m³ registrados en el año 2019, lo cual es comprensible, dado que durante el año 2019 se incrementó sustancialmente el nivel de producción de vehículos, comparados con el año 2010. Sin embargo, la reutilización de las aguas residuales también se incrementó significativamente durante el período analizado, al pasar de 27.93 millones de m³ de uso de aguas residuales registrados en el año 2010 a un consumo de 29.93 millones de m³ registrados durante el año 2019.

En cuanto al consumo de agua potable y la reutilización de las aguas residuales por cada vehículo producido por el Grupo Volkswagen, en la tabla 66

es posible observar que el consumo de agua potable disminuyó sustancialmente durante el período de 2010 a 2019, al pasar de un consumo de agua potable de 4.54 m³ por vehículo producido registrados en 2010 a solamente 3.57 m³ de consumo de agua registrados durante el año 2019, lo cual significó una reducción de 0.97 m³ de consumo de agua potable por vehículo producido en los últimos 10 años. Además, la reutilización de aguas residuales en la producción de vehículos también disminuyó en el mismo período analizado, al pasar de un registro de 3.76 m³ de uso de aguas residuales por vehículo producido durante el año 2010 a tan solo 2.66 m³ de consumo de aguas residuales por vehículo producido registrados durante el año 2019, representando una disminución de 1.10 m³ por vehículo producido.

<i>En m³/vehículo</i>	2019	2018	2010
Volumen de agua	3.57	3.86	4.54
Volumen de aguas residuales	2.66	2.69	3.76

Tabla 66. Uso de agua potable y aguas residuales por vehículo producido. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

<i>En toneladas/año</i>	2019	2018	2010
Residuos no peligrosos	48 804	65 588	103 037
Automóviles y vehículos comerciales ligeros	38 408	58 856	102 291
Otras divisiones	10 396	6 732	746
Residuos peligrosos	73 308	83 943	71 094
Automóviles y vehículos comerciales ligeros	64 227	72 674	67 547
Otras divisiones	9 081	11 269	3 547

Tabla 67. Generación de residuos. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

En alusión a la generación de residuos no peligrosos y peligrosos en la producción de vehículos del Grupo Volkswagen, la tabla 67 muestra la existencia de una disminución sustancial en la generación de residuos no peligrosos durante el período de 2010 a 2019, al pasar de una generación de 103 037 tonela-

das de residuos no peligrosos registradas en 2010 a tan solo 48 804 toneladas de residuos no peligrosos registrados durante el año 2019, lo cual representó una reducción de 54 233 toneladas de residuos en la última década. Sin embargo, la generación de residuos peligrosos se incrementó levemente durante el período analizado, al pasar de una generación de 71 094 toneladas de residuos peligrosos durante el año 2010 a 73 308 toneladas de residuos peligrosos registrados en el año 2019, lo cual representó un incremento de 2 214 toneladas de residuos peligrosos en la última década.

<i>En kg/vehículo</i>	<i>2019</i>	<i>2018</i>	<i>2010</i>
Residuos no peligrosos	3.62	5.46	14.03
Residuos peligrosos	6.06	6.74	9.27

Tabla 68. Generación de residuos por vehículo producido. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

Con respecto a la generación de residuos no peligrosos y peligrosos por vehículo producido en el Grupo Volkswagen, en la tabla 68 es posible observar la existencia de una disminución significativa en la generación de residuos no peligrosos durante el período de 2010 a 2019, al pasar de una generación de 14.03 kilogramos de residuos no peligrosos por cada uno de los vehículos producidos en el año 2010, a solamente una generación de 3.62 kilogramos de residuos no peligrosos por vehículo producido registrados durante el 2019, lo cual representó una reducción de 10.41 kilogramos de residuos no peligrosos por vehículo producido. Lo mismo sucede con la generación de residuos peligrosos, al pasar de una generación de 9.27 kilogramos de residuos peligrosos registrados durante el año 2010 a tan solo 6.06 kilogramos de residuos peligrosos generados durante el 2019, lo cual representó una reducción de 3.21 kilogramos de residuos peligrosos por vehículo producido.

Finalmente, en referencia al reciclaje de los residuos no peligrosos, peligrosos y metálicos generados en la producción de vehículos del Grupo Volkswagen, en la tabla 69 se observa un incremento sustancial en el reciclaje de residuos no peligrosos durante el período de 2010 a 2019, al pasar de un registro de 33.28 kilogramos de reciclaje de residuos no peligrosos durante el 2010 a un reciclaje de 52.91 kilogramos de residuos no peligrosos registrados en el año 2019, lo cual representó un aumento de 19.63 kilogramos de reciclaje de re-

siduos no peligrosos por vehículo producido. Además, el reciclaje de los residuos peligrosos también se incrementó durante el período analizado, al pasar de un reciclaje de 12.43 kilogramos por vehículo producido registrado durante el año 2010 a 13.98 kilogramos de residuos peligrosos reciclados en 2019, lo cual representó un aumento de 1.55 kilogramos de residuos peligrosos reciclados por cada uno de los vehículos producidos.

<i>En kg/vehículo</i>	2019	2018	2010
Residuos no peligrosos	52.91	47.05	33.28
Residuos peligrosos	13.98	14.07	12.43
Residuos metálicos	204.96	208.89	217.27

Tabla 69. Reciclaje de residuos por vehículo producido. Fuente: Volkswagen Sustainability Report 2019.

En términos generales, es posible concluir que la adopción e implementación de las diversas herramientas del *lean manufacturing* en los sistemas de producción del Grupo Volkswagen, le ha permitido durante la última década mejorar de manera continua y sostenible los flujos de trabajo de producción en la totalidad de marcas y plantas ubicadas alrededor del mundo, para lo cual el sistema de producción representa el componente principal y la clave para el logro de la excelencia en la implementación del *lean manufacturing* en los diversos procesos de producción y las actividades relacionadas con el sistema de producción de Volkswagen, lo cual le ha permitido ser considerada como una de las empresas de la industria automotriz más importantes e influyentes a nivel global.

Asimismo, la implementación de las distintas herramientas del *lean manufacturing* le ha permitido al Grupo Volkswagen producir productos de alta calidad que brindan a los clientes los máximos beneficios a precios competitivos, lo cual es posible gracias a la estandarización de los procesos de producción y el perfecto funcionamiento del equipo desde el principio de la línea de producción. Esto le ha permitido a la organización incrementar sustancialmente su nivel de productividad (ahorrando con ello un poco más de 500 millones de euros durante el 2019) y conseguir la primera reducción en los costos totales de producción de los vehículos desde el año 2013. Así, la mejora signi-

ficativa en las distintas plantas de producción que tiene Volkswagen alrededor del mundo, está por encima de las previsiones de alcanzar una mejora del nivel de productividad del 30 % para el año 2025.

Bajo este contexto, el *lean manufacturing* le ha permitido al Grupo Volkswagen mejorar de manera extraordinaria su nivel de productividad en más de un 6 % durante el año 2019 y, de continuar con esta tendencia, se espera que la organización logre un ahorro total en los costos de producción de todas las marcas de vehículos de un poco más de 2 000 millones de euros entre los años 2019 y 2023. Además, el Grupo Volkswagen asegura que la mejora en el nivel de productividad de la compañía, le ha permitido reducir en un 22 % las emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes a la atmósfera por cada uno de los vehículos producidos entre los años 2015 a 2019, lo que le facilitará el logro de su objetivo de ser una empresa totalmente neutral en las emisiones de CO₂ para el año 2050, mientras que planea reducir en un 30 % las emisiones de gases de efecto invernadero de sus vehículos turismo y comerciales para en el 2025, con respecto a las registradas durante el año 2015.

Conclusiones generales

De acuerdo con los resultados obtenidos y la información encontrada en las páginas web de las principales empresas manufactureras de la industria automotriz establecidas alrededor del mundo y, particularmente, las ubicadas en México sobre la adopción e implementación de las distintas herramientas y actividades que integran el *lean manufacturing*, así como de la importancia del *lean manufacturing* como una estrategia empresarial que permite a las organizaciones no solamente mejorar significativamente los indicadores de productividad y los procesos de producción, sino también la obtención de ventajas competitivas e incremento del nivel del rendimiento financiero y empresarial, es posible establecer una conclusión general en dos aspectos fundamentales.

Por un lado, la implementación de una reestructuración industrial en la mayor parte de las empresas manufactureras de los distintos sectores industriales productivos a nivel global, al

transitar de un modelo de producción fundamentado en la filosofía de Ford a un modelo de producción basado en la filosofía japonesa de Toyota, que comúnmente es considerado en la actual literatura científica como un paradigma de producción empresarial; incluye una serie de sistemas de producción y una variedad de prácticas esbeltas tales como los sistemas de inventario Justo a tiempo, el trabajo en equipo, el desarrollo de múltiples tareas al mismo tiempo, esquemas de participación de los empleados en la toma de decisiones y el desarrollo de políticas para la mejora de la calidad de los productos a través de la mejora constante de los procesos de producción.

En particular, las distintas actividades y herramientas que integran el *lean manufacturing* están estrechamente relacionadas con los sistemas avanzados de manufactura más allá de la filosofía de Ford, aun cuando existen diversos investigadores, académicos y profesionales de la industria que están en desacuerdo con que el *lean manufacturing* representa una ruptura total con el sistema de producción masiva vigente en una parte importante de empresas a nivel global (Womack *et al.*, 1990; Kenney y Florida, 1993); o simplemente una evolución del sistema de producción Taylorista que se fundamenta en la existencia de una visión radical, que elimina en su totalidad el rendimiento del trabajo estandarizado en las distintas líneas de ensamblaje y producción desarrolladas en Ford (Adier, 1995; Parker y Slaughter, 1995; Fujimoto, 1999), y añade nuevas actividades en los procesos de producción.

En este sentido, el nuevo modelo de producción asociado al *lean manufacturing* está siendo cada vez más adoptado e implementado por un elevado porcentaje de empresas de distintos tamaños y sectores industriales, tanto de los países desarrollados o industrializados como de los países de economía emergente y en vías de desarrollo, lo cual ha permitido que distintos investigadores, académicos y profesionales de la industria estén documentado los procesos de su implementación y los resultados obtenidos, en un contexto local, del sistema de manufactura que Toyota Motor Corporation ha desarrollado (Rothstein, 2004). Sin embargo, las diferencias existentes en los estilos de implementación y las leyes laborales, así como en los sistema de educación y en la cultura y valores de los trabajadores, generalmente con consideradas como obstáculos que inhiben a las empresas manufactureras a la adopción del *lean manufacturing* o bien a la realización de ajustes y adecuación regionales.

Bajo este contexto, es posible establecer que el *lean manufacturing* se está implementando cada vez más en un número mayor de empresas manufactu-

reras de la industria automotriz a nivel global y, particularmente, en México, lo que significa un avance trascendental en la mejora de los sistemas de producción de vehículos, así como un apoyo sustancial para tratar de entender de una mejor manera el desarrollo de la industria automotriz de América del Norte desde principios de la década de 1980 hasta la actualidad. Así, la introducción de las actividades y herramientas que integran el *lean manufacturing*, ha permitido a las empresas manufactureras de la industria automotriz una reorganización de los sistemas de producción a través de la mejora de los procesos de producción de las nuevas plantas ensambladoras de vehículos, así como de la reestructuración corporativa que involucra a la totalidad de las empresas que integran la cadena de suministro de las plantas ensambladoras.

Además, los cambios en las políticas de comercio exterior que están realizando los países a nivel global y, particularmente, la integración de bloques comerciales de libre comercio, han incrementado sustancialmente el nivel de producción de vehículos de casi la totalidad de las marcas existentes en el mercado mundial para abastecer el aumento de la demanda tanto del mercado interno como de los mercados de los bloques comerciales. Como es el caso del Acuerdo Comercial de América del Norte, en el que la mayor parte de la producción de vehículos y autopartes pueden circular libremente del pago de impuestos correspondientes entre los tres países firmantes, lo cual fortalece no solamente los sistemas de producción de las plantas ensambladoras de vehículos, sino también los sistemas de producción y servicios de las empresas que integran la cadena de suministro de la industria automotriz.

Asimismo, a principios de la década de 1980 las empresas manufactureras de la industria automotriz tanto de Estados Unidos como de México, desarrollaron actividades comerciales de manera paralela, a pesar de que no había una integración comercial, lo cual permitió un elevado crecimiento de la industria automotriz en México. Sin embargo, las tres grandes empresas productoras de vehículos de Estados Unidos (General Motors, Ford y Chrysler) practicaban la metodología de producción Fordista, mediante la cual se producían los vehículos aplicando esencialmente la producción en serie en las diversas plantas ubicadas en ambos países, y en las plantas de producción de autopartes los trabajadores de las tres empresas laboraban en líneas de producción, en las cuales realizaban actividades de manera repetitiva y constante durante la totalidad de su jornada laboral (Hounshell, 1984; Rubenstein, 1992).

De manera similar, en México las cinco principales empresas manufactureras productoras de vehículos (General Motors, Ford, Chrysler, Nissan y Volkswagen), usualmente se orientaron en la producción de vehículos para satisfacer la creciente demanda del mercado interno, ya que el país aplicaba una política proteccionista para evitar la competitividad internacional, la cual permitía impulsar la industrialización del país a través del desarrollo de políticas de subsidios a la industrialización y la substitución de las importaciones. En este sentido, las distintas plantas automotrices establecidas en México, se enfocaron fundamentalmente en el ensamblaje de vehículos, empleando trabajadores locales con salarios demasiado bajos, lo cual permitió a las empresas manufactureras de la industria automotriz obtener grandes beneficios, ya que los costos de producción se redujeron significativamente y no tenían ninguna competencia nacional e internacional (Roxborough, 1984; Bueno, 1998).

Sin embargo, a finales de la década de 1980 el sistema de producción Fordista comenzó a debilitarse, derivado del elevado nivel de competitividad que comenzaron a tener las empresas de la industria automotriz de Japón, particularmente de Toyota Motor Corporation, tanto en el mercado de Estados Unidos como en el de México, ya que los vehículos japoneses ofrecían al mercado una alta eficiencia en el consumo de combustible y un alto nivel de calidad, lo cual no era posible que ofrecieran los vehículos producidos en Estados Unidos y México. En este sentido, las tres grandes empresas manufactureras de la industria automotriz de Estados Unidos y México (General Motors, Ford y Chrysler), tuvieron que reorganizar su sistema de producción eliminando distintos procesos de producción y adoptando e implementando diversas actividades y herramientas del *lean manufacturing* para poder competir con los vehículos producidos por las empresas automotrices de Japón, particularmente de Toyota.

Adicionalmente, diversas empresas manufactureras de la industria automotriz de Japón se instalaron en el mercado de Estados Unidos para ensamblar sus vehículos y venderlos tanto en el mercado de Estados Unidos como en el de México. En estas introdujeron el sistema de *lean manufacturing*, que fue adaptado e implementado al contexto regional, especialmente en las diferencias existentes entre la cultura de Japón y Estados Unidos. Así, los sistemas de inventarios de Justo a Tiempo, la organización de los trabajadores en equipos de trabajo y el Kaizen o mejora continua, se adaptaron a las características de las plantas de manufactura ubicadas en las distintas ciudades de Estados Uni-

dos, y comenzaron a desplazar a los sistemas de producción Fordista vigentes en ese momento, para mejorar el nivel de productividad y ser más competitivas en el mercado global.

En este contexto, Toyota Motor Corporation, en alianza con General Motors, fue la primera empresa manufacturera de la industria automotriz de Japón que se estableció en el mercado de Estados Unidos e introdujo el término *lean production*, derivado de la implementación de las actividades y herramientas del *lean manufacturing*, que contemplaba prácticamente un cambio radical en el diseño y operación de los procesos de producción de las plantas de producción de vehículos, así como en la organización y gestión de las actividades laborales de los empleados y trabajadores. Esto trajo como resultado la inclusión de los trabajadores en algunas tomas de decisiones y que ganaran autoridad en la determinación de su líder de equipo de trabajo, la disminución exponencial de la rotación de los trabajadores en la totalidad de las actividades de gestión y productiva de la planta y un incremento significativo en el nivel de productividad y competitividad de la organización (Adler, 1995).

Finalmente, Mazda Motor Company, en alianza con Ford Motor Company, fue la segunda empresa japonesa en ubicarse en el mercado de Estados Unidos, particularmente en la planta de Ford ubicada en Hermosillo, Sonora (México), en la que se adoptó e implementó en su totalidad el sistema de producción *lean production*, adecuándolo a las condiciones laborales locales y del país. Así, desde la apertura en 1986 de esta planta ensambladora de vehículos y gracias a la adopción e implementación del *lean manufacturing* en la totalidad de la planta, superó los niveles de productividad logrados por las plantas de Ford en Estados Unidos, no solamente gracias al sistema de producción de manufactura y regreso de los vehículos ensamblados al mercado de Estados Unidos, sino también a la reducción exponencial de los costos de producción que representó el mercado de México, y el excelente trabajo en equipo que permitió una unión de todos los trabajadores (Shaiken, 1994; Carrillo, 1995).

Por otro lado, una segunda conclusión general es que a finales de 1990, con la apertura del mercado de México a las importaciones y, particularmente, con la firma de Tratado de Libre Comercio de América del Norte entre México, Estados Unidos y Canadá, prácticamente la industria automotriz a nivel global se reestructuró geográficamente, al ofrecer el mercado de México una serie de incentivos superiores a los que ofrecían otros países, lo que permitió la llegada y/o expansión en el territorio nacional de las principales empresas

manufactureras de la industria automotriz mundial, así como de las principales marcas de vehículos a nivel global, entre ellas las tres grandes empresas productoras de vehículos de Estados Unidos (General Motors, Ford Motor Company y Chrysler), así como de las tres principales empresas automotrices de Japón (Nissan, Toyota y Mazda), las cuales se ubicaron principalmente en el norte y centro del país.

En este sentido, la mayor parte de las nuevas plantas ensambladoras de vehículos se ubicaron en los estados del centro del país (Aguascalientes, Guanajuato, San Luis Potosí y Querétaro), el llamado Bajío de México, y ofrecían las condiciones laborales necesarias para el desarrollo de la industria automotriz en México (García y Lara, 1998). Además, alrededor de las plantas ensambladoras de vehículos se instalaron las empresas manufactureras de la cadena de proveeduría de la industria automotriz, desde aquellas empresas manufactureras que participaban en la cadena de proveeduría TIER-1, TIER-2 y TIER-3, garantizando con ello una cadena de suministro total de las partes que requerían las plantas ensambladoras, lo cual permitió un crecimiento importante no solo de los parques industriales que concentraban a las empresas manufactureras de la industria automotriz, sino también de la propia industria automotriz en México (Veloso, 2000; Humphrey, 2000; Rubenstein, 2001).

Así, en la mayor parte de las empresas manufactureras de la industria automotriz asentadas en el territorio nacional, si no es que en su totalidad, se adoptaron e implementaron procesos de producción acordes a la filosofía del *lean manufacturing*, así como se diseñaron políticas de contratación y capacitación de recursos humanos que complementaron las actividades y herramientas del *lean manufacturing*, lo cual permitió que las plantas ensambladoras de vehículos y las empresas manufactureras que integran la cadena de proveeduría fortalecieran los sistemas de producción fabricando vehículos con el mismo nivel de calidad que se producían en Estados Unidos, Japón y Europa, pero con costos de producción por debajo de los registrados en los países de origen de las plantas ensambladoras, lo cual permitió a las empresas de la industria automotriz elevar sus niveles de rendimiento financiero.

Adicionalmente, el desarrollo de las actividades y herramientas del *lean manufacturing* se adecuaron totalmente a los valores, costumbres y cultura de los trabajadores de México. Esto facilitó su implementación, ya que, por ejemplo, las prácticas más comunes en las plantas automotrices de Estados Unidos eran la instalación de comedores para los gerentes y otro para los trabajado-

res de las líneas de producción, pero en las plantas ensambladoras ubicadas en México solamente se consideró un comedor para la totalidad del personal de la empresa, lo cual permitió no únicamente un mayor acercamiento entre los directivos y el personal de las líneas de producción y administrativos de la organización, sino que también facilitó la conformación de los equipos de trabajo entre los operarios y trabajadores de las líneas de producción y, particularmente, la adopción e implementación de las distintas actividades y herramientas del *lean manufacturing*.

Bajo este contexto, una de las principales actividades de la adopción e implementación del *lean manufacturing* en las empresas manufactureras de la industria automotriz en México fue el trabajo en equipo, el cual esencialmente consiste en la conformación de un equipo de trabajo integrado por seis trabajadores que ocupan un área o zona particular de una línea de ensamblaje, realizando tareas específicas de manera repetida. Así, en cada una de las áreas o zonas de trabajo de las líneas de producción y de acuerdo a las ideas de la gestión científica de Taylor (1911), las etapas de los procesos de producción de los vehículos eran realizadas según las especificaciones establecidas, pero eran constantemente analizadas por los líderes de los equipos de trabajo, con la finalidad de mejorar significativamente los flujos en los procesos de producción y reducir los tiempos y costos de dichos procesos.

De igual manera, en las empresas manufactureras de la industria automotriz se adoptaron e implementaron diferentes herramientas del *lean manufacturing*, así como el desarrollo de distintas políticas encaminadas a ampliar la participación de los trabajadores y empleados en la toma de decisiones en las empresas. Así, una de las herramientas del *lean manufacturing* que más se ha utilizado es el Kaizen, a través del cual los trabajadores participan activa y continuamente en la mejora continua de los procesos de producción, al asumir distintas tareas administrativas que permiten a los equipos de trabajo monitorear colectivamente su nivel de productividad, el récord de la seguridad en su área de trabajo, el entrenamiento requerido, la reducción de los costos de las partes y la disminución de los residuos industriales, con el objetivo de proponer mejoras significativas que permitan a la organización una reducción en los tiempos y costos de los procesos de producción.

Con base en la información recabada y en la experiencia en el trabajo realizado en la línea de producción, el equipo de trabajo realiza una serie de recomendaciones a la gerencia de las plantas ensambladoras de vehículos para

mejorar el trabajo en el área o zona de ensamblaje, así como en la planta en general que permita, por ejemplo, la relocalización de los *stocks* de las partes que se utilizan en el ensamblaje de los vehículos, la reingeniería de algunas de las partes de ensamblaje o el rediseño del *layout*. Además, si las recomendaciones realizadas por el equipo de trabajo son adoptadas e implementadas en las empresas manufactureras de la industria automotriz, todos los trabajadores del equipo ganador tendrán un reconocimiento y un premio en efectivo, equivalente a un porcentaje de la reducción de costos totales que se estaría ahorrando la organización, lo cual resulta muy atractivo para los trabajadores de la industria automotriz.

Referencias

- Abreu, M.F., Alves, A.C., y Moreira, F. (2017). Lean-green models for eco-efficient and sustainable production. *Energy*, 137(8), 846-853.
- Adler, P.S. (1995). Democratic Taylorism: The Toyota production system at NUMMI. In Babson, S. (Ed.), *Lean Work: Environment and Exploitation in the Global Auto Industry*. Detroit: Wayne State University Press.
- Akmal, A., Greatbanks, R., y Foote, J. (2020). *Lean Thinking in Healthcare: Findings from a Systematic Literature Network and Bibliometric Analysis*. Nueva York: Heath Policy.
- Axelson, J.V. (2007). *On the Development of Production Methods for Transfer to Small to Medium-size Enterprises*. Estocolmo: KTH-Royal Institute of Technology.
- Bakri, A.H., Rahim, A.R., Yusof, N.M., y Ahmad, R. (2012). Boosting lean production via TPM. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 65(4), 485-491.

- Balle, M. (2005). Lean attitude: Considering attitude in lean production. *Manufacturing Engineer*, 84(2), 14-19.
- BMW Group (2020). *BMW Group Report 2020*. Múnich: BMW.
- Bortolotti, T., Boscari, S., y Danese, P. (2014). Successful Lean Implementation: Organizational Culture and Soft Lean Practice. *International Journal of Production Economic*, 160(1), 182-201.
- Bueno, C. (1998). De la producción nacional a la competencia global: El caso de la industria Mexicana de autopartes. En Nuñez, H., y Babson, S. (Eds.), *Confronting Change: Auto Labor Lean Production in North America*. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Carrillo, J. (1995). Flexible Production in the Auto Sector: Industrial Reorganization at Ford-México. *World Development*, 23(1), 87-101.
- Castaldi, M., Sugano, D., Kreps, K., Cassidy, A., y Kaban, J. (2016). Lean Philosophy and the Public Hospital. *Perspective Care and Operative Room Management*, 3(1), 25-28.
- Chaisorn, N., y Lila, B. (2011). A Design and Development of the Real Time Electronic Pull System. *Industrial Engineering Conference Proceeding 2011*, 203-209.
- Ciano, M.P., Pozzi, R., Rossi, T., y Strozzi, F. (2019). How IJPR has Addressed Lean: A Literature Review Using Bibliometric Tools. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 5284-5317.
- Ciarniene, R., y Vienazindiene, M. (2012). Lean Manufacturing: Theory and Practice. *Economics and Management*, 17(7), 732-738.
- Costa, F., Lispi, L., Staudacher, A.P., Rossini, M., Kundu, K., y Cifone, F.D. (2019). How to Foster Sustainable Continuous Improvement: A Cause-Effect Relations Map of Lean Soft Practices. *Operational Research Perspective*, 6(1), 91-111.
- Cua, K.O., McKone, K.E., y Schroeder, R.G. (2001). Relationship Between Implementation of TQM, JIT, and TPM and Manufacturing Performance. *Journal of Operations Management*, 19(6), 675-694.
- Danese, P., Manfe, V., y Romano, P. (2018). A Systematic Literature Review on Recent Lean Research: State-of-the-art and Future Directions. *International Journal of Management Review*, 20(2), 579-605.
- De Menezes, L.M., Wood, S., y Gelade, G. (2010). The Integration of Human Resource and Operation Management Practices and its Link with Perfor-

- mance: A Longitudinal Latent Class Study. *Journal of Operations Management*, 28(6), 455-471.
- De Treville, S., y Antonakis, J. (2006). Could Lean Production Job Design Be Intrinsically Motivating? Contextual, Configurational, and Levels-of-Analysis Issue. *Journal of Production Management*, 24(2), 99-123.
- Dora, M., Kumar, M., y Gellynck, X. (2016). Determinants and Barriers to Lean Implementation in Food-Processing SMEs: A Multiple Case Analysis. *Production Planning & Control*, 27(1), 1-23.
- Dossou, P.E., Pereira, R., Salama, C., y Chang, J.J. (2020). How to Use Lean Manufacturing for Improving a Healthcare Logistics Performance. *Procedia Manufacturing*, 51(16), 1657-1664.
- Drohomeretski, E., Gouvea da Costa, S.E., Pinheiro, E., y da Rosa, P.A. (2014). Lean, Six Sigma, and Lean Six Sigma: An Analysis Based on Operations Strategy. *International Journal of Production Research*, 52(3), 804-824.
- EFFRA (2016). *Factories 4.0 and Beyond: Recommendations for the Work Programme 18-19-20 of the FoF PPP Under Horizon 2020*. Bruselas: European Commission. Policy Research.
- Esmailian, B., Behdad, S., y Wang, B. (2016). The Evolution and Future of Manufacturing: A Review. *Journal of Manufacturing System*, 39(1), 79-100.
- Franco, C., y Alfonso-Lizarazo, E. (2020). Optimization Under Uncertainty of the Pharmaceutical Supply Chain in Hospitals. *Computers & Chemical Engineering*, 135(4), 10-16.
- Fujimoto, T. (1999). *The Evolution of a Manufacturing System at Toyota*. Nueva York: Oxford University Press.
- García, A., y Lara, A. (1998). Cambio tecnológico y aprendizaje laboral en G.M.: Los casos D.F. y Silao. En Nuñez, H., y Babson, S. (Eds.), *Confronting Change: Auto Labor Lean Production in North America*. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Garza-Reyes, J.A., Romero, J.T., Govindan, K., Cherrafi, A., y Ramanathan, U. (2018). A PDCA-based approach to environmental value stream mapping (E-VSM). *Journal of Cleaner Production*, 180(2), 335-348.
- Gonçalves, M., Campos, F.C., y Pontes, M.R.P. (2016). Systematic Literature Review with Bibliometric Analysis on Lean Strategy and Manufacturing in Industry Segments. *Gestao & Producao*, 23(2), 408-418.
- Hayes, M. (1981). Why Japanese Factories Work. *Harvard Business Review*, 9(1), 56-66.

- Hines, P., Holweg, M., y Rich, N. (2004). Learning to Evolve: A Review of Contemporary Lean Thinking. *International Journal of Operation Management*, 24(10), 994-1011.
- Hosseini, A., Kishawy, H.A., y Hussein, M. (2015). Lean Manufacturing. En Garcia-Alcaraz, J.L. (Eds.), *The Lean Manufacturing in the Developing World*. Suiza: Springer.
- Hounshell, D.A. (1984). *From the American System to Mass Production 1800-1932: The Development of Manufacturing Technology in the United States*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Humphrey, J. (2000). Assembler-supplier Relations in the Auto Industry: Globalization and National Development. *Competition & Change*, 4(2), 245-271.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). *Censos Económicos 2019*. Ciudad de México: INEGI.
- Jadhav, J.R., Mantha, S.S., y Rane, S.B. (2014). Exploring Barriers in Lean Implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(2), 1-11.
- Jasti, N.V.K., y Kodali, R. (2015). Lean Production: Literature Review and Trends. *International Journal of Production Research*, 53(3), 867-885.
- Kamble, S., Gunasekaran, A., y Dhone, N.C. (2019). Industry 4.0 and Lean Manufacturing Practices for Sustainable Organizational Performance in Indian Manufacturing Companies. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1319-1337.
- Karim, A., y Arif-Uz-Zaman, K. (2013). A Methodology for Effective Implementation of Lean Strategies and its Performance Evaluation in Manufacturing Organizations. *Business Process Management Journal*, 19(1), 169-196.
- Katayama, H., y Bennett, D. (1996). Lean Production in a Changing Competitive World: A Japanese Perspective. *International Journal of Operations & Production Management*, 16(2), 8-23.
- Kenney, M., y Florida, R. (1993). *Beyond Mass Production: The Japanese System and its Transfer to the U.S.* Nueva York: Oxford University Press.
- Kolberg, D., y Zühlke, D. (2015). Lean Automation Enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC Papers Online*, 48(3), 1870-1875.
- Kolberg, D., Knobloch, J., y Zühlke, D. (2017). Towards a Lean Automation Interface for Workstations. *International Journal of Production Research*, 55(10), 2845-2856.

- Lazai, M.J., de Paula, S.C., Grossi, C.R., Pierezan, R., Rocha, L.E., Portela, S.E., Gouvea, C.E., y Pinheiro, L.E. (2020). Automated System Gains in Lean Manufacturing Improvement Projects. *Procedia Manufacturing*, 51(13), 1340-1347.
- Liker, J.K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Lu, H.P., y Weng, C.I. (2018). Smart Manufacturing Technology, Market Maturity Analysis and Technology Roadmap in the Computer and Electronic Product Manufacturing Industry. *Technology Forecasting and Social Change*, 133(9), 85-94.
- Martínez, F., Jirsak, P., y Lorenc, M. (2016). Industry 4.0. The End the Lean Management? *The 10th International Days of Statistics and Economics*.
- Marulanda, G.N., y González, G.H. (2017). Objetivos y decisiones estratégicas operacionales como apoyo al lean manufacturing. *Suma de Negocios*, 8(1), 106-114.
- Monden, Y. (1983). *Toyota Production System: Practical Approach to Production Management*. Michigan: Industrial Engineering and Management Press.
- Mrugalska, B., y Wyrwicka, M.K. (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182(4), 466-473.
- Nassereddine, A., y Wehbe, A. (2018). Competition and Resilience: Lean Manufacturing in the Plastic Industry in Lebanon. *Arab Economic and Business Journal*, 13(1), 179-189.
- Nissan Motor Corporation (2021). *Sustainability Report 2021*. Tokyo: Nissan.
- Norani, N., Md Deros, B., Abdul-Wahab, D., y Rahman, M.N. (2011). Managing Change in Lean Manufacturing Implementation. *Advanced Materials Research*, 21(5), 314-316.
- Nordin, N., Deros, B.M., y Wahab, D.A. (2010). A Survey on Lean Manufacturing Implementation in Malaysian Automotive Industry. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 1(4), 374-380.
- Ohno, T. (1997). *The Toyota Production System: In Addition to Large-Scale Production*. Tokyo: Diamond Bookman.
- Omogbai, O., y Salonitis, K. (2016). Manufacturing System Lean Improvement Design Using Discrete Event Simulation. *Procedia CIRP*, 57(1), 195-200.
- Pagliosa, M., y Tortorella, G. (2019). Industry 4.0 and Lean Manufacturing: A Systematic Literature Review and Future Research Directions. *Journal of Manufacturing & Technology Management*, 31(1), 1-10.

- Paiva, S.B., Valle, E.D., Maciel, B.V., Miranda, L.T., Charrua-Santos, F., y Walczak, R. (2021). The Synergic Relationship Between Industry 4.0 and Lean Manufacturing: Best Practices from the Literature. *Management and Production Engineering Review*, 12(1), 94-107.
- Parker, M., y Slaughter, J. (1995). Unions and Management by Stress. En Babson, S. (Ed.), *Lean Work: Environment and Exploitation in the Global Auto Industry*. Detroit: Wayne State University Press.
- Pascal, D. (2007). *Lean Production Simplified: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System*. Tampa: Productivity Press Book.
- Pingyu, Y., y Yu, Y. (2010). A Review on Lean Manufacturing Practices in Small and Medium Enterprises. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 1(2), 220-225.
- PricewaterhouseCoopers GmbH. (2019). *Sustainable Value Report 2018*. Múnich: PWC.
- Renault Group (2021). *Renault Group Climate Report 2020*. Disponible en: <<https://renaultgroup.publispeak.com/climate-report-2021/article/4/>>.
- Renault Group Climate Report. (2021). *Climate Report 2021*. France: Renault Group. Disponible en: <https://www.renaultgroup.com/wp-content/uploads/2021/04/220421_climate-report-renault-group_8mb.pdf>.
- Rossini, M., Costa, F., Staudacher, A.P., y Tortorella, G. (2019). Industry 4.0 and Lean Production: An Empirical Study. *IFAC Papers*, 52(13), 42-47.
- Rothstein, J.S. (2004). Creating Lean Industrial Relations: General Motors in Silao, Mexico. *Competition and Change*, 8(3), 203-221.
- Roxborough, I. (1984). *Unions and Politics in Mexico: The Case of the Automotive Industry*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rubenstein, J.M. (1992). *The Changing U.S. Auto Industry: A Geographical Analysis*. Nueva York: Routledge.
- Rubinstein, S., y Kochan, T. (2001). *Learning from Saturn: Possibilities for Corporate Governance and Employee Relations*. Ítaca: ILR Press.
- Sahwan, A., Rahman, N., y Deros, B.M. (2012). Barriers to Implement Lean Manufacturing in Malaysian Automotive Industry. *Sciences and Engineering*, 59(2), 107-110.
- Sanders, A., Elangeswaran, C., y Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function and Enablers for Lean Manufacturing. *International Journal of Engineering Management*, 9(3), 811-833.

- Schonberger, R.J. (2018). Reconstituting Lean in Healthcare: From Waste Elimination Toward Queue-less Patient-focused Care. *Business Horizon*, 61(1), 13-22.
- Shah, R., y Ward, P. (2003). Lean Manufacturing: Context, Practice Bundles, and Performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), 129-149.
- Shah, R., y Ward, P. (2007). Defining and Developing Measures of Lean Production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785-805.
- Shaiken, H. (1994). Advanced Manufacturing and Mexico: A New International Division of Labor? *Latin American Research Review*, 29(1), 39-71.
- Tabares, L.M. (2017). Evaluation and Comparison of a Lean Production Systems by Using SAE J4000 Standard: A Case Study on the Automotive Industry in the State of Mexico. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 14(4), 461-468.
- Taylor, F.W. (1911). *Principles of Scientific Management*. Nueva York: Harper & Brothers.
- The LeanMan (2016). *Lean Principles Training Guide: The Evolution of Lean Factory Simulation Kits*. Londres: The LeanMan.
- Tortorella, G., Miorando, R.F., Fries, C.E., y Vergara, A.M.C. (2018). On the Relationship Between Lean Supply Chain Management and Performance Improvement by Adopting Industry 4.0 Technologies. *Proceedings of International Conference of Industrial Engineering Operations Management*, julio 2018.
- Toyota Motor Corporation (2018). *Toyota Environmental Report 2018*. Disponible en: <https://global.toyota/pages/global_toyota/sustainability/report/er/er20_en.pdf>.
- Toyota Motor Corporation (2020). *Toyota Environmental Report 2020*. Disponible en: <https://global.toyota/pages/global_toyota/sustainability/report/er/er18_full_en.pdf>.
- Veloso, F. (2000). *The Automotive Supply Chain Organization: Global Trends and Perspectives*. Boston: Massachusetts Institute of Technology.
- Vilana-Arto, J.R. (2011). *Fundamentos del Lean Manufacturing: Dirección de operaciones Fundamentos del Lean Manufacturing*. Madrid: Escuela de Organización Industrial.
- Volkswagen (2019). *Sustainability Report 2018*. Wolfsburgo: Volkswagen AG Group.
- Volkswagen (2020). *Annual Report 2020*. Wolfsburgo: Volkswagen AG Group.

- Volkswagen (2020). *Sustainability Report 2019*. Wolfsburg: Volkswagen AG Group.
- Wagner, T., Herrmann, C., y Thiede, S. (2017). Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems. *Procedia CIRP*, 63(1), 125-131.
- Wilson, D.C., Araba, A.O., Chinwah, K., y Cheeseman, C.R. (2009). Building Recycling Rates Through the Informal Sector. *Waste Management*, 29(2), 629-635.
- Womack, J., y Jones, D. (1996). *Lean Thinking*. Londres: Free Press Business.
- Womack, J.P., Jones, D.T., y Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World*. Nueva York: Rawson Associates.



Lean manufacturing en la industria
automotriz de México

Primera edición 2022

El cuidado y diseño de la edición estuvieron
a cargo del Departamento Editorial
de la Dirección General de Difusión y Vinculación
de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.