



El futuro digital  
es de todos

MinTIC

# OBSEVATORIO CT+i

ÁREA DE OPORTUNIDAD  
**CALIDAD DEL AIRE**

OPERA:

**ruta**<sup>n</sup>  
MEDELLÍN  
CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS



## CRÉDITOS EDITORIALES

+ Concepción, edición y dirección general:

Víctor Tamayo Bustamante

+ Consultor Metodológico

Óscar Eduardo Quintero

+ Coordinación equipo de vigilancia:

Álvaro Agudelo Arredondo

+ Vigías:

Catalina Campo Herrera

Alba Julieth Giraldo Martínez

Duban Torres

Lorena Arango Santa

+ Dirección de diseño y diagramación:

Santiago Córdoba Vasco

María Paula Moreno

+ Imágenes:

Las imágenes aquí dispuestas han sido utilizadas exclusivamente a modo de ejemplo ilustrativo, a menos que se indique lo contrario, las imágenes son de libre uso y proceden de [www.pexels.com](http://www.pexels.com), [www.pixabay.com](http://www.pixabay.com), [www.flaticon.com](http://www.flaticon.com) y [www.freepik.es](http://www.freepik.es).

# TABLA DE CONTENIDO

<b>1. Introducción</b>	<b>04</b>
<b>2. Problemática desencadenante</b>	<b>06</b>
<b>3. Caracterización de la oportunidad</b>	<b>08</b>
<b>4. Casos de estudio relacionados</b>	<b>14</b>
4.1. Caso 1: Londres, Inglaterra	15
4.2. Caso 2: Beijing, China	20
4.3. Caso 3: Madrid, España	24
4.4. Caso 4: Sydney, Australia	28
4.5. Caso 5: Copenhague, Dinamarca	31
4.6. Caso 6: Japón	34
4.7. Caso 7: Estados Unidos	39
4.8. Conclusiones sobre los casos	44
4.8.1. Casos de aplicación de la temática	44
4.8.2. Actores principales	46
<b>5. Identificación y priorización de subtemas</b>	<b>49</b>
5.1. Temática: End of pipe	50
5.1.1. Definición del tema	50
5.1.2. Tendencias en investigación	56
5.1.3. Tendencias en Desarrollo Tecnológico	60
5.1.4. Tendencias en Innovación	62
5.1.5. Tendencias en habilidades requeridas	65
5.2. Temática: Movilidad eléctrica de carga	66
5.2.1. Definición del tema	66
5.2.2. Tendencias en investigación	78
5.2.3. Tendencias en Desarrollo Tecnológico	82
5.2.4. Tendencias en Innovación	84
5.2.5. Tendencias en habilidades requeridas	87
<b>6. Referencias</b>	<b>89</b>



# 01

## INTRODUCCIÓN



# 1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se asocia el concepto de misiones con el mítico programa Apolo de los EEUU, cuando, en mayo de 1961, se plantearon el objetivo de enviar una persona a la luna y traerla de vuelta antes de terminar la década. Este objetivo era casi impensable con la tecnología disponible entonces, por lo que, teniendo una meta común, se propusieron emplear a más de 400,000 personas de múltiples disciplinas y una considerable inversión de capital para que, 8 años más tarde, en 1969, cumpliendo con las metas temporales propuestas, Neil Armstrong, Buzz Aldrin y Michael Collins, lograran el hito marcado. Esto detonó un sinfín de avances tecnológicos y la victoria de la carrera espacial sobre la Unión Soviética, que había conseguido hasta ese momento los mayores hitos en el espacio, como el primer satélite en órbita, el primer ser vivo en el espacio, el primer hombre –Yuri Gagarin– y la primera mujer –Valentina Tereshkova. Fue tal el éxito y la rentabilidad para la economía americana de esta inversión, que en EEUU llaman moonshot a todo programa disruptivo de avance tecnológico con objetivos muy concretos.



**Una de las asociaciones más difundidas del término “misión” es la postulada para el programa Apolo de los EEUU, donde J.F.K. planteó la meta casi impensable de enviar un norteamericano a la luna.**

De manera similar, múltiples instituciones y gobiernos han venido impulsando sus propios “moonshots” después del hito marcado por los EEUU, este es el caso del proyecto que detona el presente informe de áreas de oportunidad, que en la presente oportunidad está dedicado a la problemática de nuestra ciudad relacionada con la Calidad del Aire.

Aunque este informe no representa en sí la construcción de la misión ciudad referente a la temática definida, si hace parte de los insumos necesarios para poder identificar las diversas oportunidades que ésta abre, a partir de las lecciones aprendidas en otras regiones que ya han abordado la construcción de soluciones relacionadas, donde se podrán apreciar los elementos conectores entre nuestra situación regional y la que estos abordaron en su momento, permitiendo identificar tecnologías y acciones que llevaron a generar resultados que en mayor o menor grado impactaron los lugares donde fueron aplicados.

Una vez identificadas las posibles acciones a generar, y partiendo desde un análisis de las dinámicas globales de Investigación, Desarrollo e Innovación -I+D+i, se procedió a identificar aquellas tecnologías o acciones que podrían tener un mayor impacto en la región, partiendo de las capacidades locales y condiciones específicas que marcan nuestro entorno, de esta forma se podrían identificar fortalezas y debilidades que permitan construir oportunidades.

Por último, contrastando los elementos recopilados, con las condiciones presentes en Medellín, el Valle de Aburra y el país en general, se presenta un recopilado de oportunidades a las cuales se podría acceder para la construcción de la(s) misión(es), y que ayudan a dar línea sobre las ventajas que puede aportar a nuestra región el abordar los retos que presentan estas problemáticas.



# 02

## PROBLEMÁTICA DESENCADENANTE

## 2. PROBLEMÁTICA DESENCADENANTE

En los informes Medellín Cómo Vamos, es señalado que en Medellín desafortunadamente ninguna de las 8 estaciones oficiales de monitoreo de concentración de material particulado PM 2.5, registra niveles promedio por debajo de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud establecidas en 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , así como la normativa nacional establecida en 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Medellín Cómo Vamos, 2019).

Esta problemática es potenciada por elementos como el anotado por la consultora internacional Inrix, que pone a Medellín en el ranking global como la ciudad número 25 entre las más congestionada del mundo. Esto significa que, en promedio, un residente pierde 138 horas al año en tráfico, lo cual equivale a 17 días laborales perdidos en productividad y tiempo de calidad con la familia, entre otros efectos negativos.

Finalmente, es importante señalar que esta problemática se articula indirectamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) asociados a los gases de efecto invernadero y contaminación, los cuales son:



**Salud y bienestar (ODS 3): Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades**

- **Objetivo 3.4 - Reducir la mortalidad por enfermedades no transmisibles:** De aquí a 2030, reducir en un tercio la mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles mediante su prevención y tratamiento, y promover la salud mental y el bienestar.
- **Objetivo 3.9 - Reducir las enfermedades y muertes causadas por productos químicos peligrosos y contaminación:** De aquí a 2030, reducir considerablemente el número de muertes y enfermedades causadas por productos químicos peligrosos y por la polución y contaminación del aire, el agua y el suelo.

- **Objetivo 3.D - Mejorar los sistemas de alerta temprana para los riesgos a la salud mundial:** Reforzar la capacidad de todos los países, en particular los países en desarrollo, en materia de alerta temprana, reducción de riesgos y gestión de los riesgos para la salud nacional y mundial.



**Energía asequible y no contaminante (ODS 7) : Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible para todos**

- **Objetivo 7.A - Invertir y Facilitar el Acceso a Investigación y Tecnología en Energía Limpia:** De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes



**Ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11) : Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles**

- **Objetivo 11.2 - Sistemas de transporte asequibles y sostenibles:** De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público.
- **Objetivo 11.6 - Minimizar el impacto ambiental de las ciudades:** De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.

# 03

## CARACTERIZACIÓN DE LA OPORTUNIDAD



### 3. CARACTERIZACIÓN DE LA OPORTUNIDAD

La ciudad de Medellín se encuentra localizada en el Valle de Aburrá, en el centro del Departamento de Antioquia, y cuenta con una población de 2.372.330 habitantes en el 2018 (DANE, 2019), y una tasa de crecimiento de 0,76% para el 2020, es necesario tomar en cuenta que la tasa está disminuyendo, pero se espera que la población siga creciendo (Alcaldía de Medellín, 2020). Para el 2018, la ciudad contó con una actividad económica a precios corrientes que fue de 55.029 miles de millones de pesos (valor provisional) según el DANE (2018).

Para superar los obstáculos de la contaminación, las enfermedades y las muertes que esta puede contraer se deben realizar planes de descontaminación atmosférica, donde es necesario reconocer la existencia del problema, mejorar la captura de registro de contaminantes y evaluar la exposición que tienen las personas con la contaminación. Por ejemplo, en Colombia la cuantificación económica de la contaminación atmosférica se calculó usando el Valor Estadístico de la Vida (VSL)<sup>01</sup> en el rango de US\$1,55 y US\$2,06 millones de dólares para el año 2015 teniendo en cuenta entre 1.000 y 2.000 muertes anuales. Si se toman únicamente las mil muertes el costo de la contaminación atmosférica está entre los US\$1.550 y US\$2.060 millones de dólares para este mismo año (COP \$2.743), lo cual indica un costo total entre 4.2 y 5.6 billones de pesos anualmente. Ahora, teniendo en cuenta el mismo año, las dos mil muertes tendrían un costo de contaminación atmosférica entre US\$3.100 y US\$4.120 millones. En este caso es importante notar que uno de los objetivos de la política pública respecto a la contaminación es reducir su impacto en la salud de los ciudadanos, donde una adecuada gestión ambiental se debe centrar en la reducción de muertes asociadas a la contaminación (Semana, 2019).

Desde una perspectiva político-económica, para el manejo de la contaminación y el medio ambiente, son relevantes: el mercado de carbono en el que se intercambian “permisos para contaminar”; los incentivos que pueden tener varias formas, una de ellas es el PSA, que es un sistema que entrega un incentivo económico a las personas que prestan servicios ambientales como conservar una cuenca hídrica o un bosque; los impuestos como el impuesto nacional al carbono, que es una tarifa por cada tonelada de CO2 generada por la quema de los combustibles, y cambia según los factores de emisión; y la creación de políticas y regulaciones en general. En el caso de los PSA, un ejemplo cercano es el BancO2, que tiene distintos niveles de implementación en Colombia. Asimismo, para los 10 municipios metropolitanos, también aplica el BANCO2 Metropolitano del Valle de Aburrá, el cual es una estrategia que busca la compensación voluntaria de la huella ecológica o ambiental por parte de ciudadanos, empresas e instituciones asentadas en el Valle de Aburrá, con el fin de incentivar a los propietarios de predios en áreas de importancia ambiental y ecosistemas estratégicos (urbanos y rurales), para que continúen conservando y restaurando los bosques andinos, su biodiversidad y la prestación de servicios ambientales que garantizan la sostenibilidad regional.



<sup>01</sup> En el estudio Cuantificación física y económica del impacto de la contaminación atmosférica en la salud de la población de Medellín, realizado por la Contraloría General de Medellín.

Adicional a esto, por medio de la campaña Medite en el Consumo, se sensibiliza constantemente a los habitantes de la región metropolitana para que realicen, la medición de su consumo en términos de huella de carbono (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, s.f.).

En Medellín, según el Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire (PIGECA), se ha observado un acelerado crecimiento del parque vehicular de carros y motos, y un transporte de carga con alta proporción de vehículos antiguos altamente contaminantes con importantes deficiencias logísticas y de operación, ocasionando que la calidad del aire se vea deteriorada y aporten a la problemática de contaminación del aire (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2017). Adicionalmente, se evidenció un mayor número de muertes por Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA) en las comunas de Belén, Laureles y Estadio, con un rango entre 600 y 900 casos reportados; mientras que las comunas Doce de Octubre, Aranjuez, Manrique y La Candelaria (centro de la ciudad) reportaron entre 500 y 600 casos, dejando un total de 22.922 casos de defunciones asociadas a ERA (4.584 muertes anuales en los últimos 5 años) (Contraloría General de Medellín, 2019).

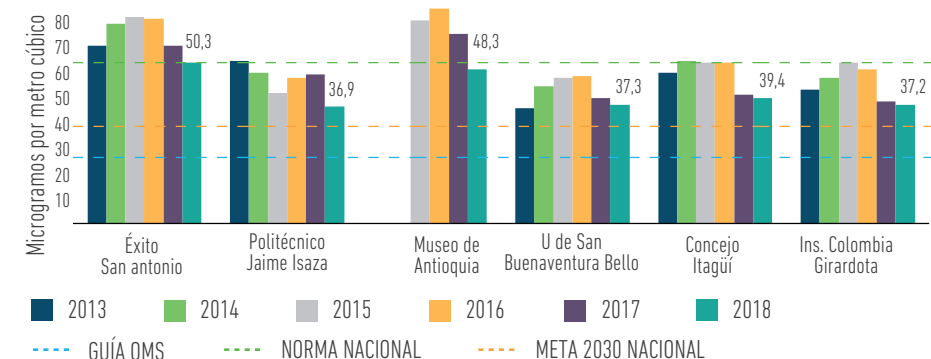


Fig 01. Valle de Aburrá: concentraciones de PM10 en estaciones de monitoreo de RedAire con información para 2018, 2013-2018. Adaptado de Medellín Cómo Vamos (2019)

XXX

Por otro lado, en cuanto a la concentraciones de material particulado PM10, el gráfico muestra como en las 6 estaciones de monitoreo se ha evidenciado una disminución en la concentración promedio anual registrada para el 2018. Las estaciones que muestran cambios significativos (respecto a 2017) son: Museo de Antioquia que pasó de 59,2 a 48,3  $\mu\text{g} / \text{m}^3$ , y Politécnico Jaime Isaza Cadavid que pasó de una concentración promedio anual de PM10 de 46,6 a 36,9  $\mu\text{g} / \text{m}^3$ . Sin embargo, para la meta nacional a 2030 uno de los indicadores para el cumplimiento del ODS 11, se necesita tener el 70% de las estaciones de la red nacional de monitoreo con un nivel de concentración anual promedio de PM10 de máximo 30  $\mu\text{g} / \text{m}^3$  (objetivo Intermedio III de las guías de calidad del aire de la OMS), no obstante en el Valle del Aburrá ninguna estación cumplió con este nivel para el 2018 (Medellín Cómo Vamos, 2019).

Adicionalmente, el inventario de emisiones del 2015, estableció que el 18% de las 1.830 toneladas de PM2.5 que se emiten corresponden a fuentes fijas (industria), posicionando el problema en las fuentes móviles responsables del 82% restante como los camiones (29% del total de PM2.5) y las volquetas (22%). Seguidamente, según el inventario de emisiones realizado por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en el año 2009, en el que se recopila información de muestreos isocinéticos<sup>02</sup>, los sectores industriales que más generan COV son el cerámico y vítreo, seguido del metalmeccánico y sector textil y confección.

<sup>02</sup> Información tomada por el Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental (GIGA) de la Universidad de Antioquia y por el Grupo de Investigaciones Ambientales (GIA) de la Universidad Pontificia Bolivariana, de acuerdo a los valores de factores de emisión del AP-42 Compilation of Air Pollution Emission Factor of la EPA



La misión de Medellín en el 2030 es lograr ser una ciudad carbono neutro, con una concentración no superior a 15 microgramos por m3 de emisiones de material PM2,5 en promedio anual, incentivando el uso de las CT+i para el logro de este objetivo. En el Valle de Aburrá dados los resultados de los inventarios de emisiones atmosféricas entregados por los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire –SVCA- se evidencia que el crecimiento del parque automotor representa uno de los principales retos en la gestión de la calidad del aire del país. Las alcaldías han enfocado sus principales esfuerzos en la regulación del uso del transporte individual, pero es necesario indicar que este segmento aporta el 22% de las emisión de las fuentes móviles (6% autos, 2% taxis, 1% motos 2T, 13% motos 4T), es decir, una participación similar al de las volquetas, por lo que es necesario revisar estrategias de impacto en el sector logístico de mercancías, dado su impacto en la calidad del aire. (Ver siguiente figura)

Entre las medidas que se han tomado para atender las situaciones de empobrecimiento de la calidad del aire encontramos: atención oportuna y eficaz a episodios de contaminación del aire, captura y eliminación de contaminante, fortalecimiento, generación y aprovechamiento del conocimiento científico y la tecnología, promoción de Industria sostenible, competitiva y productiva, efectividad y cobertura en el control y sanciones a agentes contaminantes, entre otros. Así pues, partiendo de la identificación de oportunidades para mejorar la calidad de vida de los habitantes de Medellín, se orientan a hacer de la ciudad un lugar verde y sostenible, al generar energía a partir de los residuos sólidos, integrar el río a la dinámica de la ciudad, mejorar la movilidad, e incentivar la construcción con bajo impacto ambiental, con el objetivo de garantizar la integración de los servicios de gestión de residuos, transporte y almacenamiento, construcción, energía, acueducto y alcantarillado, actividades de reforestación y el fomento de paisajes sostenibles.

### ¿QUÉ HA PASADO CON ESTA PROBLEMÁTICA?



Fig 02. Línea de tiempo de las acciones asociadas a la calidad del aire. Fuente: Ruta N (2018) <sup>03</sup>

Por último, la siguiente tabla tomada del PIGECA aprobado a diciembre de 2017 para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, muestra tanto los costos, beneficios y reducción de emisiones de PM2.5 asociadas a las medidas propuestas del plan. En la columna de costos están los costos directos de implementación de la medida, basados en la información disponible en la actualidad; luego en la columna de beneficios se presentan los beneficios directos, por ejemplo, el ahorro económico derivado del ahorro de combustible debido a un uso más eficiente. **Es importante resaltar que en el análisis de la siguiente tabla, no se ha incluido una estimación del equivalente económico de los beneficios en salud pública derivados de las reducciones de emisiones de cada medida**, debido a las dificultades metodológicas que implica la desagregación de los efectos aislados de cada medida sobre los cambios en las concentraciones atmosféricas de las PM2.5. Seguidamente, la columna de costo beneficio se encuentra la diferencia de las anteriores, en donde se destaca la importancia de las siguientes medidas: Mejora el desempeño ambiental y energético de la industria, e introducción acelerada de vehículos de ultra bajas emisiones y emisiones cero.

<sup>03</sup> Ruta N (2018). RETO CALIDAD DEL AIRE MEDELLÍN

**Tabla 1.** Costos y beneficios asociados a una medida con su respectiva potencial reducción de emisiones de PM<sub>2.5</sub>. Adaptado de: Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2017).

Nº	Medida	Medida (USD)	Beneficio (USD)	Costo-Beneficio (USD)	Reducción De Emisiones Pm <sub>2.5</sub> Total (TON)
C3 / C4	Expansión, fortalecimiento, fomento y modernización del modernización público	-2,195,749,333	926,389,027	-1,269,360,306	2,358
C6	Políticas para reducir el impacto ambiental del transporte de carga y volquetas.	-758,470,057	n.d	-758,470,057	15,168
C16	Gestión integral de la logística del transporte de carga y volquetas en el Valle de Aburrá	-426,730,205	n.d	-427,330,205	1,472
C12a	Requerimiento de instalación de filtros de partículas (FDP) y otras tecnologías certificadas de prevención de emisiones y postratamiento de emisiones (camiones, tractocamiones y volquetas)	-127,314,000	n.d	-127,314,000	167
C1 / C2	Mejora de la calidad de diésel y gasolina y estándares de emisión más estrictos	-604,227,710	503,502,951	-100,724,729	1,895
C12b	Requerimiento de instalación de filtros de partículas (FDP) y otras tecnologías cerificadas de prevención de emisiones y postratamiento de emisiones (buses diésel)	-82,698,000	n.d	-82,698,000	73
D1	Medidas Eje Temático 4	-18,750,000	3,423,913	-15,326,087	93
C9	Programa integral de inspección de emisiones y mantenimiento vehicular	-2,678,000	n.d	-2,678,000	2,218
E2	Optimización de sistemas de control de emisiones	-627,91	n.d	-627,91	2,286
C15	Política de gestión de la demanda	-600	n.d	-600	2,059
E3	Estádares de emisión más estrictos para fuentes fijas	-600	n.d	-600	694
B1	Establecimiento de lineamientos de zonificación con criterios de calidad del aire	-600	n.d	-600	152
E4	Mejora del desempeño ambiental y energético de la industria	-139,739	6,199,878	6,339,617	450
C11	Introducción acelerada de vehículos de ultra bajas emisiones y emisiones cero	-4,484,171,425	5,466,504,590	982,333,165	428

La problemática de la contaminación no sólo se trata desde la perspectiva ambiental y tecnológica, si no también desde la salud pública, dadas las posibilidades de la generación de enfermedades respiratorias. Se han realizado varios estudios referentes al tema, entre ellos encontramos el denominado *Cuantificación física y económica del impacto de la contaminación atmosférica en la salud de la población de Medellín*<sup>04</sup>, realizado entre 2017 y 2018, para evaluar la emisión total de PM2.5 en el Valle de Aburrá (1.230 toneladas/año) y entre otros costos ambientales. Asimismo, señaló un total de 3.642.809 casos de ERA atendidos en consulta externa, hospitalización y urgencias entre el 2011 y 2016, indicando aproximadamente 607.134 casos/año. Adicionalmente, se evidenciaron 7.285 muertes en Medellín por esta enfermedad entre el 2012 y 2016 (Semana, 2019).

Por otro lado, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2019) realizó el Estudio Eventos en salud asociados a la contaminación del aire en los municipios del Área Metropolitana, 2008-2015<sup>05</sup> Realizado por la Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia, para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en el marco de las acciones estratégicas definidas en el Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire -PIGECA, para determinar la asociación de la exposición de corto plazo a los contaminantes atmosféricos y los efectos en la salud de la población entre 2008 y 2015, encontrando que el aumento de la concentración de PM2.5, PM10 y Ozono en 10 µg /m3, incrementa el riesgo por enfermedades agudas de tipo respiratorio y circulatorio, donde los menores de 5 años y mayores de 65 años son los grupos de edad más vulnerables.

En este caso, se concluye que, al evitar el incremento de 10µg /m3 en los contaminantes se podría disminuir el riesgo de ocurrencia de casos de enfermedad respiratoria en diferentes porcentajes, entre 0,4% y un 33,8% según los municipios y los grupos de edad.

<sup>04</sup> Estudio realizado por la Contraloría General de Medellín, el Centro de Investigación, Estudios y Análisis (CEA), la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín y el Instituto Estudios Ambientales.

<sup>05</sup> Realizado por la Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia, para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en el marco de las acciones estratégicas definidas en el Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire -PIGECA.

# 04

## CASOS DE ESTUDIO RELACIONADOS

## 4. CASOS DE ESTUDIOS RELACIONADOS

### 4.1. Caso 1: Londres Inglaterra



#### DEFINICIÓN DEL CASO

Como gran parte del centro de Londres, la ciudad de Londres (The City), puede experimentar altos niveles de contaminación del aire. Los contaminantes principales son dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>. La ley exige que la Corporación de la Ciudad de Londres mida la contaminación del aire y desarrolle e implemente un plan de mejora si no se cumplen los límites de calidad del aire basados en la protección de la salud. El marco para la política y la acción de la calidad del aire por parte de las autoridades locales de Londres se denomina London Local Air Quality Management (LLAQM). En suma, el monitoreo también debe realizarse en varios sitios de base para obtener una concentración de fondo representativa para el área, complementando la información provista por los mapas nacionales (Departamento de medio ambiente, alimentación y asuntos rurales, 2018).

Los límites de emisión de gases contaminantes asociados al plan de Londres se establecieron con base en lo decidido en las Directivas europeas, y fue incorporado a la legislación nacional. Los límites establecidos en las directivas europeas para partículas pequeñas (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) generalmente se cumplen en todas partes en la ciudad de Londres. La única excepción es adyacente a las carreteras más transitadas en condiciones climáticas desfavorables (City of London, 2019).

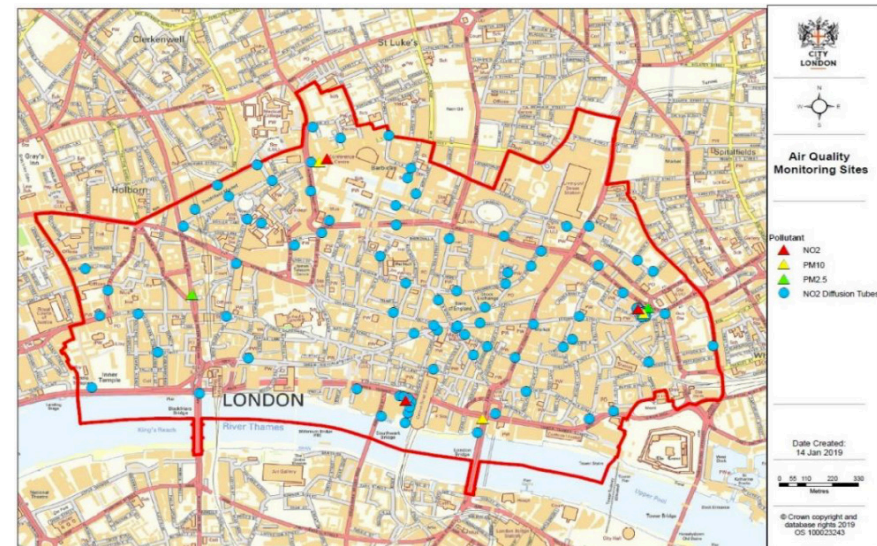


#### UBICACIÓN GEOGRÁFICA



Bandera de la ciudad de Londres

Dentro de las actividades de innovación de la empresa, están las asociaciones con universidades e institutos de investigación para realizar proyectos de investigación en distintas áreas. En general, se tiene el propósito de estudiar formas de ampliar los horizontes de conservación de energía y energías sostenibles y aprovechar esta investigación para desarrollar nuevas ofertas y soluciones. Por otra parte, también se encuentra el trabajo colaborativo en el E.ON Energy Research Center en Universidad Técnica de Aquisgrán, en Alemania, que se centra en redes eléctricas tecnológicamente avanzadas, soluciones innovadoras de calefacción para edificios y distritos urbanos, y nuevas soluciones para clientes residenciales y empresas industriales (E.ON, 2019).



**Fig 03.** Localizaciones de monitoreo de calidad del aire en el 2019. Adaptado de: City of London (2019).



WEB



TW



DIR



## 4.1. Caso 1: Londres Inglaterra



### ELEMENTOS SIMILARES A LOS DEFINIDOS EN LA OPORTUNIDAD

Hace referencia no sólo a las emisiones generadas dentro del mismo espacio de la ciudad, sino también de las que se acumulan allí de zonas aledañas.



**Plan de acción cuando no se cumplen los límites:** La Corporación de la Ciudad ha implementado un plan de acción para la calidad del aire desde 2002. En 2011, el plan de acción se incorporó a una Estrategia que describe los pasos que se tomarían para mejorar la calidad del aire local y reducir el impacto de la contaminación en la salud pública. La estrategia se actualizó en 2015, detallando más medidas (unas similares, otras difieren) que se llevaría a cabo hasta 2020.



**La nueva estrategia es el Plan Corporativo de la City Corporation 2018 - 2023:** Establece la dirección estratégica general para la organización, y se ha configurado en torno a tres áreas de valor público: economía, medio ambiente y sociedad. En este plan se hacen acciones conjuntas con otras prioridades de la ciudad, es decir, con los otros planes relacionadas a las estrategias de salud, empresarial.

El monitoreo de la calidad del aire proporciona datos para ubicaciones específicas, estos se complementan con modelación computacional. El modelado también se usa para predecir las futuras concentraciones de contaminación del aire (City of London, 2019).



### ACTORES IMPLICADOS (DIRECTOS E INDIRECTOS Y SU DESCRIPCIÓN)

- **Ciudadanos:** Se refiere tanto a los transeúntes de la ciudad, como a los particulares en sus autos, a los trabajadores en las empresas y a los usuarios de energía en los hogares. Pueden ser de afectados por la contaminación como de contaminadores.
- **Empresas:** Son los empresarios y empresas que generan algún tipo de contaminación. En este caso son generalmente generadores directos de la calidad del aire. Sus acciones respecto a la calidad del aire pueden variar desde iniciativas propias o impulsadas por subsidios del gobierno, o por marcos regulatorios.
- **Entidades gubernamentales:** Son todas las entidades gubernamentales que directa o indirectamente toman parte en los planes asociados a la calidad del aire, o se asocian a los sectores críticos al tema. Algunos ejemplos son: Barts Health NHS, the Greater London Authority, Transport for London, London Councils, entre otras.
- **Universidades de Londres:** Son instituciones de educación que desde distintos frentes aportan al conocimiento relacionado a la calidad del aire, y a tecnologías y políticas que soporten un aire más limpio. Como ejemplo de instituciones se encuentra el King's College de Londres, que ha trabajado temas de calidad del aire, incluyendo el modelo de emisiones altamente flexible: el London Emissions Toolkit (LET), y el modelo de calidad del aire, London Air Quality Toolkit (LAQT), los cuales se han utilizado en muchas evaluaciones de políticas (King's College de Londres, 2016).
- **Unión Europea:** Los límites y estándares de los niveles de contaminantes de la ciudad se basan en las directivas y organismos de la Unión Europea.
- **La Corporación de la Ciudad de Londres:** Tiene la obligación legal de tomar una amplia gama de medidas para mejorar la calidad del aire y proteger la salud pública. Esta trabaja con: Residentes, trabajadores, escuelas, empresas y entidades estatales.
- **Red de Calidad del Aire de Londres (LAQN por sus siglas en inglés):** Se formó en 1993 para coordinar y mejorar el monitoreo de la contaminación del aire en Londres. La red proporciona mediciones y evaluaciones científicas independientes (London Air, s.f.).
- **Departamento para el medio ambiente, la alimentación y asuntos rurales:** Departamento responsable de salvaguardar el medio ambiente natural, apoyar la industria alimentaria y agrícola y sostener una economía rural próspera en el Reino Unido (Gobierno del Reino Unido, s.f.).



WEB



TW



DIR





## 4.1. Caso 1: Londres Inglaterra



### CARACTERIZACIÓN (COMO SE GENERÓ, SE MANIFESTÓ Y SE ATENDIÓ)

Según City of London (2019), luego de un monitoreo detallado de la calidad del aire, toda la ciudad de Londres fue declarada Área de Gestión de la Calidad del Aire (AQMA) en enero de 2001, dados unos niveles de dióxido de nitrógeno y partículas pequeñas (PM10) por encima de los límites requeridos. En general, la calidad del aire en el “centro histórico”, al estar en el corazón de Londres, está fuertemente influenciada por las emisiones generadas por la ciudad y sus alrededores, esto debido a que más del 75% de la contaminación por partículas PM10 y PM2.5 medidas en la ciudad de Londres se originan fuera del límite de la ciudad. La Corporación de la Ciudad ha implementado un plan de acción para la calidad del aire desde 2002. En 2011, el plan de acción se incorporó a una Estrategia que describe los pasos que se tomarían para mejorar la calidad del aire local y reducir el impacto de la contaminación en la salud pública. La estrategia se actualizó en 2015, detallando más medidas que se llevaría a cabo hasta 2020.

El monitoreo es un componente vital de la gestión, y los requisitos de monitoreo en la ciudad están en constante revisión. En lo referente a los métodos para la medición y monitoreo, se encuentran los analizadores continuos, que son un método para medir el dióxido de nitrógeno, tienen dicho nombre porque toman una medida cada minuto. Estos son los instrumentos más precisos disponibles y proporcionan lecturas promedio por hora, los datos generados a partir de estos se complementan con datos recopilados mediante unos muestreadores de bajo costo y bajo mantenimiento, llamados tubos de difusión, estos son menos precisos que los analizadores continuos y su uso es limitado, ya que proporcionan datos promediados durante un mes.

Sin embargo, los datos son muy útiles para comparar niveles con el valor límite medio anual, revelar tendencias a largo plazo y detectar puntos críticos. Debido al mayor interés y preocupación por la contaminación del aire, los tubos de difusión se encuentran actualmente en aproximadamente 100 ubicaciones en la milla cuadrada (City of London, 2019).

El monitoreo de la calidad del aire proporciona datos para ubicaciones específicas. Estos datos se complementan con modelación computacional. El modelado también se usa para predecir las futuras concentraciones de contaminación del aire.

Es necesario aclarar que los mapas del modelo de computadora, en particular los de pronóstico, no deben verse como una representación precisa de las concentraciones. En cambio, se utilizan como una herramienta para establecer dónde la contaminación del aire puede ser un problema o serlo en el futuro (City of London, 2019).

La caracterización de las acciones del plan 2015-2018, comienza con que el mejorar la calidad del aire local es una prioridad política importante y está contenida en el Plan Corporativo de la Ciudad como una Prioridad: Comprometerse con Londres y el gobierno nacional en asuntos clave de interés para las comunidades (que incluye la calidad del aire). Este objetivo se gestiona a nivel estratégico en tres foros:

1. **Grupo apoyo de Londres:** Este Comité de altos funcionarios y directores, presidido por el Secretario municipal.
2. **Comité de Servicios Portuarios de Salud y Medio Ambiente:** Este Comité, que comprende representantes elegidos de todos los barrios de la Ciudad.
3. **La Junta de Salud y Bienestar:** Las responsabilidades de salud pública fueron devueltas a las autoridades locales en abril de 2013 y esto condujo a la creación de Juntas de Salud y Bienestar (HWB, por sus siglas en inglés).

Las estrategias y políticas corporativas describen cómo se deben cumplir las funciones clave. Ejemplos de áreas de política clave que incluyen la política de calidad del aire son: la Estrategia Central; Plan de implementación local; Estrategia del árbol de la ciudad; Estrategia de espacios abiertos; Estrategia de salud y bienestar y una serie de estrategias de mejora ambiental. La nueva estrategia es el Plan Corporativo de la City Corporation 2018 - 23: El Plan Corporativo establece la dirección estratégica general para la organización. Se ha configurado en torno a tres áreas de valor público: economía, medio ambiente y sociedad. En este plan se hacen acciones conjuntas con otras prioridades de la ciudad, es decir, con los otros planes relacionadas a las estrategias de salud, empresas responsables, transporte, adquisiciones, espacios abiertos y de acción climática (City of London, 2019).

La OECD (2019) señala que Londres para el año 2018 tuvo un PIB per cápita (a precios constantes y ppp constante) \$US 82.344.



WEB



TW



DIR



## 4.1. Caso 1: Londres Inglaterra



### HERRAMIENTAS USADAS PARA ATENDER LA OPORTUNIDAD

<b>Nuestra visión</b>	The Square Mile tiene un aire que es saludable para respirar.	
<b>Nuestro objetivo</b>	Que el dióxido de nitrógeno cumpla con los valores límite de la salud y las directrices de la OMS en más del 90% de la Square Mile para 2025 y alcanzar las directrices de la OMS para las PM10 y PM2,5 en el menor tiempo posible.	
<b>Nuestros resultados</b>		
The Square Mile tiene aire limpio	Las personas gozan de buena salud gracias a la reducción de la exposición a la mala calidad del aire	Somos líderes en materia de calidad del aire de la calidad del aire e inspiramos colaboración en todo Londres
Vínculos con el resultado 11 del PC	Vínculos con el resultado 2 del PC	Vínculos con el resultado 11 del PC
<b>Nuestras actividades</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos de nuestra flota, edificios y a través de nuestros contratos</li> <li>Garantizar que los nuevos proyectos y propuestas de transporte y espacio público tengan un impacto positivo en la calidad del aire local</li> <li>Piloto de medidas innovadoras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proporcionar información, datos sólidos y fiables</li> <li>Utilizar las redes de salud pública para difundir información</li> <li>Desarrollar planes de acción a medida para las escuelas de Londres</li> <li>Seguir desarrollando la aplicación gratuita para smartphones CityAir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar un proyecto de ley para mejorar la calidad del aire</li> <li>Colaborar estrechamente con una amplia gama de partes interesadas en la política de calidad del aire.</li> <li>Facilitar la colaboración en la comunidad de la calidad del aire de Londres</li> </ul>
<b>Demostración del éxito</b>		
Una medida del éxito de la estrategia será el cumplimiento constante de los límites y directrices de calidad del aire basados en la salud, medidos mediante una red de equipos robustos de control de la calidad del aire. En los próximos cinco años, seguiremos siendo reconocidos como una autoridad líder y de gran prestigio en el ámbito de la calidad del aire.		

**Fig 04.** Resultados y actividades asociadas al plan de calidad del aire de Londres.

Adaptado de: City of London (2019)

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar la calidad del aire local en la Square Mile y reducir la exposición a la contaminación atmosférica continuando con el desarrollo y la aplicación de la estrategia de Calidad del Aire.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Animar a las empresas a que se conviertan en defensoras de la calidad del aire y apoyen nuestro trabajo para aire más limpio.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fomentar y facilitar la adopción de vehículos alternativos limpios en toda nuestra cadena de suministro. de nuestra cadena de suministro.</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentar el número de puntos de recarga de vehículos eléctricos en nuestras instalaciones.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir las emisiones de aire de nuestro parque inmobiliario.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Liderar la política y la acción en materia de calidad del aire en todo Londres.</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentar significativamente el número de vehículos limpios en nuestra flota y seguir probando nuevas tecnologías.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Apoyar la investigación y el desarrollo de medidas para mejorar la calidad del aire con las universidades de Londres.</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Actuar como facilitador de las acciones de colaboración sobre el aire en Londres.</li> </ul>   |

**Fig 05.** Estrategia de Negocio Responsable de la corporación de la ciudad.

Fuente: City of London (2019).

La Estrategia de Negocio Responsable 2018 de la Corporación de la Ciudad se establece en el marco del Plan Corporativo. Detalla cómo se implementarán prácticas comerciales responsables en toda la organización. Una de las principales áreas de política en el plan es mejorar la calidad del aire. La anterior gráfica detalla las acciones específicas de calidad del aire (City of London, 2019).

- La Corporación de la Ciudad ha estado reduciendo las emisiones de su propia flota mediante una mejor gestión, una reducción en el tamaño de la flota y la compra de vehículos más nuevos y limpios. Desde enero de 2016, se ha implementado una política de que los vehículos diésel no se pueden comprar o arrendar si hay opciones de emisiones bajas o nulas disponibles.
- Fomentar y facilitar la adopción de vehículos alternativos limpios en toda la cadena de suministro.
- Aumentar la cantidad de puntos de carga de vehículos eléctricos (Transporte para Londres, s.f.).
- Reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos del stock de edificios. Desde el AQS (Air quality strategy) de 2015 se dice que se realizan las siguientes actividades: Trabajar con empresas de demolición y construcción claves para garantizar que se utilicen las mejores prácticas para controlar las emisiones en los sitios. Buscar más oportunidades para reducir las emisiones con empresas clave.
- Alentar a las empresas a convertirse en campeones de la calidad del aire y apoyar el trabajo para lograr un aire más limpio. El rol de los campeones se resume en incentivar buenas prácticas y promover las mismas entre los ciudadanos. Por ejemplo, según Sheffield (2018), uno de sus roles es motivar a los conductores a apagar sus motores cuando están estacionados ahora y en el futuro.
- Apoyar la investigación y el desarrollo (I+D) de medidas para mejorar la calidad del aire con las universidades de Londres.



### 4.1. Caso 1: Londres Inglaterra

Luego, en lo referente a las zonas de emisiones ultrabajas, estas se planearon introducirse en el centro de Londres en abril de 2019. La milla cuadrada estará completamente dentro de la zona. La ULEZ requiere que los vehículos diesel cumplan con el estándar de emisiones Euro 6 / VI o paguen un cargo diario para ingresar a la zona. Los vehículos de gasolina deberán cumplir con el estándar de emisiones Euro 4 (City of London, 2019).

Según el Departamento de medio ambiente, alimentación y asuntos rurales de Inglaterra (s.f.), existen herramientas para ayudar con la evaluación de la calidad del aire, que incluyen:

- A. Kit de herramientas de factores de emisiones; Para predecir las emisiones de NOx, PM10, PM2.5 y CO2 de los vehículos de transporte por carretera.
- B. Mapas de contexto; Mapas de contexto para NOx, NO2, PM10 y PM2.5
- C. Calculadora de NOx / NO2; Permite a las autoridades locales obtener NO2 de donde sea que se pronostique el NOx al modelar las emisiones de las carreteras.
- D. Factores de proyección de NO2 en carretera; Factores para proyectar concentraciones medias anuales de NO2 en carretera para años futuros.
- E. Herramientas de tubo de difusión; Calculadora de sesgo de exactitud y precisión, factores de ajuste de sesgo, calendario de fechas de exposición, etc.
- F. Modelo de corrección volátil (VCM); y Un modelo para corregir las concentraciones de PM10 medidas por TEOM a valores “equivalentes gravimétricos”.

El “London Atmospheric Emissions (LAEI)” del 2016 es la última versión del Inventario de emisiones atmosféricas de Londres y reemplaza las versiones anteriores del inventario. Las estimaciones de emisiones de contaminantes clave (NOx, PM10, PM2.5 y CO2) por tipo de fuente se incluyen para el año base. Las emisiones de los años anteriores 2010 y 2013 también se han recalculado, utilizando fuentes y metodología más recientes. Estas emisiones se han utilizado para estimar las concentraciones a nivel del suelo de contaminantes clave en la zona del Gran Londres, utilizando un modelo de dispersión atmosférica. Es importante notar que, los mapas de concentración y los datos asociados se volvieron a publicar en el 2019 después de un problema menor con el conjunto de datos anterior (Almacén de Datos de Londres, 2019).



#### RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS

A pesar de la implementación de una amplia gama de acciones por parte de la Corporación de la Ciudad para mejorar la calidad del aire, los límites de dióxido de nitrógeno basados en el objetivo de proteger la salud aún no se cumplen en todas partes de la milla cuadrada. Sin embargo, un monitoreo exhaustivo demuestra que los niveles de dióxido de nitrógeno se reducen año tras año, particularmente lejos de las carreteras transitadas.

Los límites establecidos en las directivas europeas para partículas (PM10 y PM2.5) generalmente se cumplen en todas partes en la ciudad de Londres. La única excepción es la adyacente a las carreteras más transitadas en condiciones climáticas desfavorables.

La siguiente gráfica muestra la concentración anual del contaminante NO2 en distintas localizaciones de los tubos de difusión en el periodo 2007-2018. En este caso se evidencia que en los últimos años del periodo las concentraciones se redujeron paulatinamente en la gran mayoría de localizaciones.

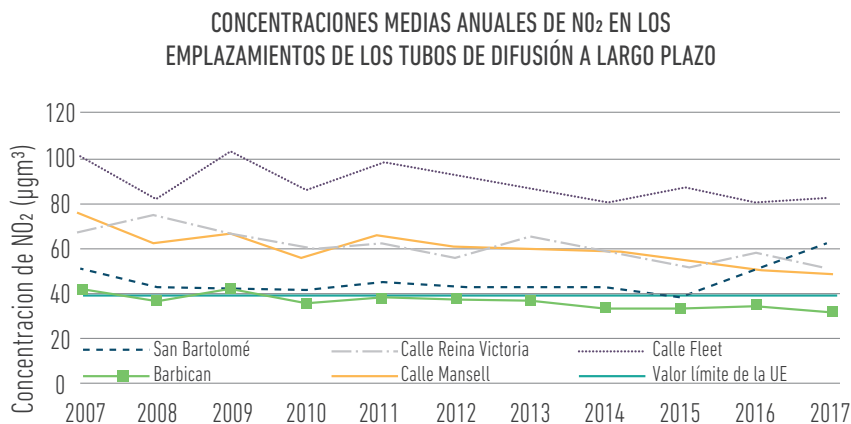


Fig 06. Promedio anual de NO2 medido con tubos de difusión, 2007- 2017. Adaptado de 'y City of London (2019).



## 4.2. Caso 2: Beijing China



### DEFINICIÓN DEL CASO

La gran prosperidad económica y el crecimiento urbano han provocado el deterioro del medio ambiente de la ciudad de Beijing, especialmente la calidad del aire. Las características de la contaminación combinada de los vehículos y el uso del carbón, son evidentes y los episodios de contaminación intensa ocurren regularmente, con efectos negativos en la salud pública. Para hacer frente a esto, Beijing ha lanzado programas integrales de control de la contaminación del aire que se viene ejecutando por fases desde 1998 (United Nations Environment Programme, 2019).

Beijing comenzó a construir su sistema de monitoreo de la calidad del aire (Air Quality Monitoring -AQM) en la década de 1980. Para 2013, se habían establecido 35 estaciones AQM que pueden monitorear 6 contaminantes importantes como PM2.5 y O3, a lo largo de la ciudad. En 2016, combinando tecnologías avanzadas como la teledetección satelital de alta resolución y el radar láser, se estableció una nueva generación de Red Integrada de Monitoreo de Calidad del Aire (United Nations Environment, 2019).

En respuesta a la fuerte contaminación en otoño e invierno, Beijing lanzó el Plan de Emergencia de Beijing para la Contaminación Atmosférica Extrema (Provisional) en 2012, el primero de su tipo en China. El mecanismo de alerta temprana se mejoró en cuatro revisiones del plan, con niveles de alerta y umbrales para iniciar acciones con mayor soporte científico. Además, se tomaron medidas de control de emisiones de emergencia durante los períodos de alerta temprana, que efectivamente redujeron el nivel de contaminación en condiciones climáticas adversas. El Plan de Emergencia de Beijing para la Contaminación Atmosférica Extrema (revisado en 2017) abarca niveles de alerta, medidas de emergencia, respuesta de emergencia y garantías organizacionales (United Nations Environment Programme, 2019).



### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Beijing, la capital de China, es una megaciudad de rápido crecimiento que cubre un área de 16,400 kilómetros cuadrados (km<sup>2</sup>). A finales de 2017, la población residente permanente alcanzó los 21.7 millones y el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita superó los 20,000 dólares estadounidenses; el registro de vehículos suma 5.99 millones y el consumo anual de energía alcanzó 71.0 millones de toneladas de carbón equivalente (tce) (United Nations Environment Programme, 2019).



Bandera de la ciudad de Beijing



### ELEMENTOS SIMILARES A LOS DEFINIDOS EN LA OPORTUNIDAD

Estacionalidad en los picos de contaminación: En respuesta a la fuerte contaminación en distintas épocas del año, Beijing tiene un plan de emergencia para la contaminación atmosférica extrema. En el que se toman medidas de control de emisiones durante los períodos de alerta temprana, que efectivamente redujeron el nivel de contaminación en condiciones climáticas adversas (United Nations Environment Programme, 2019).



Enfoque legal de las medidas de prevención y Mitigación: Desde la aprobación inicial de la Ley marco de protección ambiental en 1979, China ha aprobado muchas leyes, reglamentos y normas que abordan la protección ambiental. La Ley de Prevención y Control de la Contaminación del Aire, la cual proporciona medidas integrales sobre la prevención y el control de la contaminación del aire (Library of congress, 2019).



WEB



TW



DIR



## 4.2. Caso 2: Beijing China



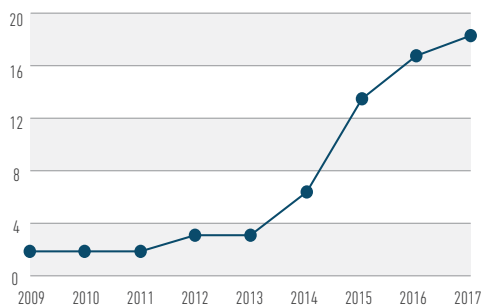
### CARACTERIZACIÓN (COMO SE GENERÓ, SE MANIFESTÓ Y SE ATENDIÓ)

Durante años, Beijing fue distinguida por ser una ciudad contaminada. Sin embargo, en sólo cinco años, de 2013 a 2017, los niveles de partículas finas en Beijing y la región circundante cayeron alrededor de un 35%. Esto sucedió como el resultado de la inversión de tiempo, recursos y voluntad política, incluida la visión del presidente Xi Jinping de una civilización ecológica, las “guerras contra el control de la contaminación” lanzadas por el Consejo de Estado, la Ley de Calidad del Aire, nuevas sanciones por incumplimiento, planes locales de acción de aire limpio y las propias iniciativas de Beijing (United Nations Environment Programme, 2019).

Un sistema integral y cada vez más eficaz de gestión de la calidad del aire ha ido tomando forma gradualmente a lo largo de 20 años de práctica. El sistema se caracteriza por: Legislación completa y mecanismo de aplicación; Planificación sistemática; Potentes estándares locales; Fuerte capacidad de monitoreo; y Alta conciencia ambiental pública (United Nations Environment Programme, 2019). En suma, para combatir la contaminación el estado de Beijing ha tomado las siguientes medidas: Estrategias para combatir la contaminación del aire; Medidas para fortalecer el control integral de la contaminación del aire en la industria; Control del carbón a granel y la reducción y reemplazo del consumo de carbón; Rectificación especial de las emisiones de camiones diesel que exceden los estándares; y Fortalecimiento de la ecologización de tierras y control de polvo (World Green Building Council, 2019).

Mientras tanto, el gasto en control de la contaminación del aire también se ha incrementado, especialmente después de 2013, la siguiente gráfica muestra la tendencia de inversión en el tema:

La OECD (2019) señala que Beijing para el año 2018 tuvo un PIB per cápita (a precios constantes y ppp constante) \$US 39.342.



**Fig 07.** Línea de tiempo de la inversión en el control de la polución del aire, en miles de millones de Yuanes. Adaptado de United Nations Environment Programme (2019)



### ACTORES IMPLICADOS (DIRECTOS E INDIRECTOS Y SU DESCRIPCIÓN)

- **Empresas:** Están directamente ligadas a la generación de varios tipos de contaminación. Muchas veces trabajan con el gobierno (ya sea voluntariamente o por mandatos), para la generación de conciencia y para crear estrategias conjuntas de descontaminación.
- **Universidades:** Beijing ha llevado a cabo una investigación científica y un desarrollo tecnológico sistemáticos confiando en las instituciones y universidades de investigación con sede en Beijing y sus propios equipos técnicos ambientales.
- **Gobierno:** Son las personas que gobiernan el país y la capital, y son los encargados de la planeación y monitoreo del programa. En este caso destaca el presidente Xi Jin Ping, Oficina Municipal de Protección Ambiental de Beijing (Antigua), Oficina Municipal de Ecología y Medio Ambiente (nueva).
- **Usuarios de vehículos:** Dado el gran nivel poblacional, la movilidad es una gran preocupación. Son generadores de contaminación, y sus estrategias de mitigación se relacionan al uso de bicicletas, o vehículos que usen combustibles más limpios (ya sea por subsidios o por iniciativa propia), o eléctricos en sí.
- **Organismos multilaterales:** Vigilan y hacen recomendaciones al gobierno respecto al manejo de los planes de calidad del aire. En este caso se destaca las Naciones Unidas, la cual revisa el avance y los planes de la ciudad. También, se habla de la Organización Mundial de la Salud, que se encarga de brindar guías para el manejo y supervisión de la calidad del aire (relacionadas principalmente a valores límites).
- **Oficina Municipal de Ecología y Medio Ambiente de Beijing:** Directamente afiliada al Gobierno Municipal, está a cargo del trabajo de protección ambiental de la ciudad (EBeijing, 2008).
- **Universidad de Tsinghua:** Desde que China se abrió al mundo en 1978, la Universidad de Tsinghua se ha convertido en una universidad de investigación integral (Tsinghua University, s.f.). En suma, participó en el estudio de la ONU sobre la calidad del aire en Beijing.





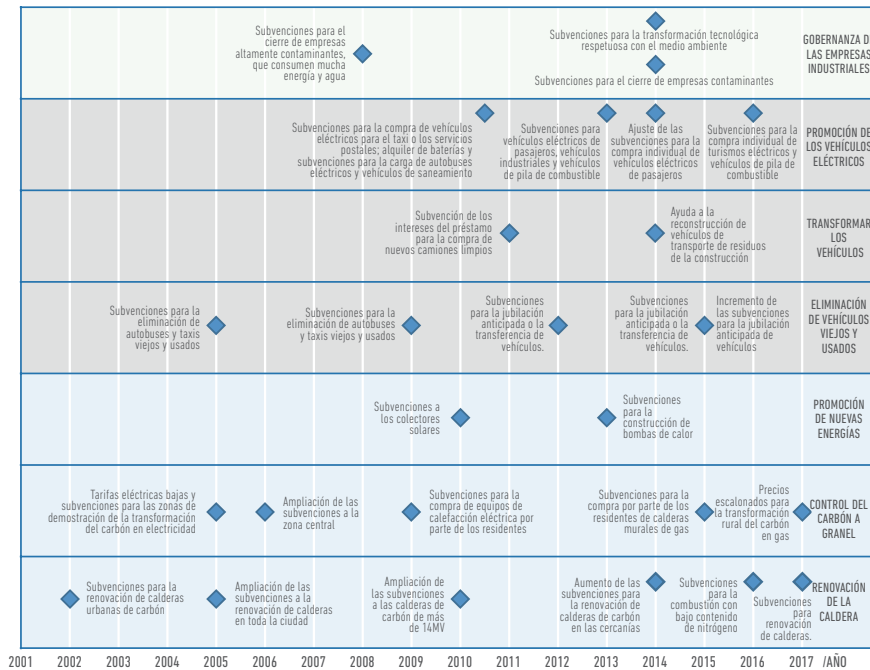
## 4.2. Caso 2: Beijing China



### HERRAMIENTAS USADAS PARA ATENDER LA OPORTUNIDAD

#### Herramientas de financiación de programas, por tipo:

Desde el punto de vista financiero se generaron políticas con incentivos económicos y apoyo financiero (incluyendo subsidios, tarifas, precios y otras prácticas financieras), enfocadas a promover medios de transporte con menor huella ambiental, nuevos esquemas de generación de energía eléctrica y esquemas encaminados a cambiar los tipos de empresas que estaban asentadas en la ciudad y sus cercanías. La siguiente gráfica presenta los instrumentos implementados en cada uno de los esquemas de transformación propuestos para la ciudad.



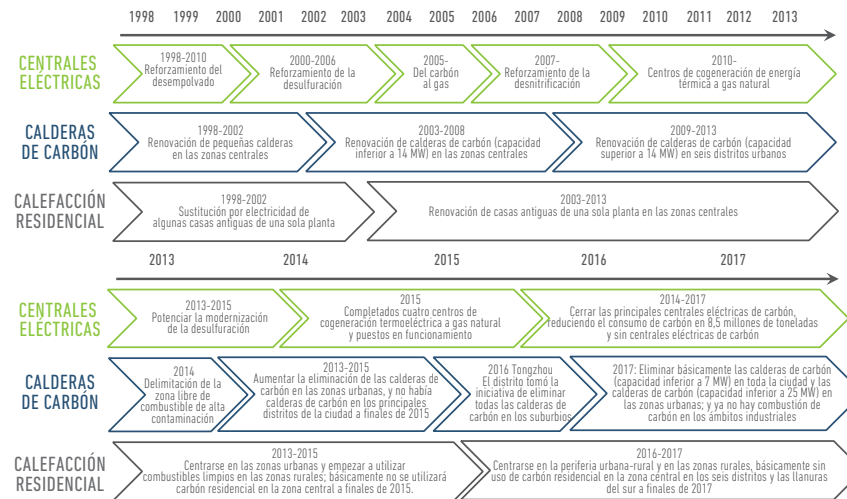
**Fig 08.** Principales políticas económicas para el control de la polución del aire en Beijing. Adaptado de United Nations environmental program (2019).

#### Monitoreo de alta tecnología:

Beijing comenzó a construir el sistema de monitoreo de la calidad del aire (AQM) en la década de 1980. En 2013, se habían instalado 35 estaciones AQM ambientales que pueden monitorear 6 contaminantes importantes como PM2.5 y O3. en todo Beijing. En 2016, combinando tecnologías avanzadas como la teledetección satelital de alta resolución y radar láser (LIDAR), se estableció una nueva generación de red integrada de monitoreo de la calidad del aire. Luego, Junto con Big Data, Beijing desarrolló sensores inteligentes de calidad del aire, y diseñó un nuevo modelo de operación de red y control de calidad.

#### Control de las emisiones por combustión de carbono:

La combustión del carbón siempre ha sido una fuente importante de contaminación del aire en Beijing, por esto la ciudad ha promovido el control “end of pipe” (es decir, al final del proceso de producción) y el ajuste de la estructura energética durante los últimos 20 años (Gráfico 8). Centrándose en las centrales eléctricas, las calderas de carbón y el uso residencial del carbón, las fuentes de contaminación se controlaron simultáneamente, logrando un progreso notable (United Nations Environment Programme, 2019).



**Fig 09.** Acciones para el control de emisiones vehiculares. Adaptado de : United Nations environmental program (2019).



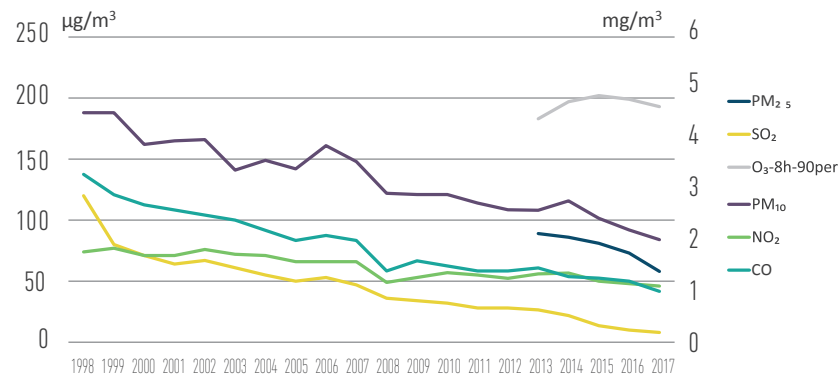


## 4.2. Caso 2: Beijing China

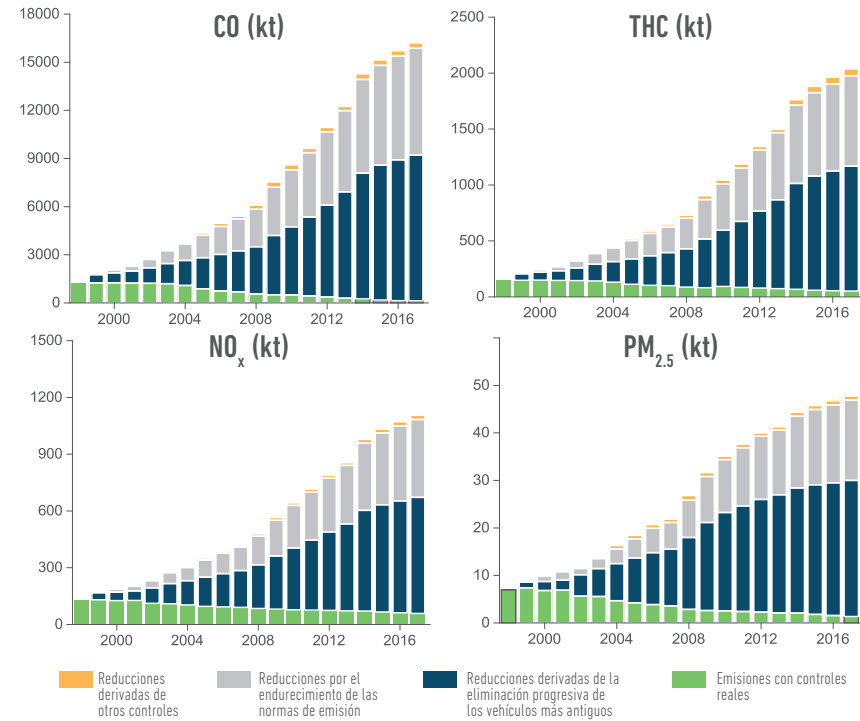
En los últimos 20 años, se implementaron cientos de medidas concretas, y los enfoques cambiaron gradualmente del control de contaminantes únicos “end of pipe” al control integrado de múltiples contaminantes. Para controlar la contaminación, las medidas pasaron del uso de carbón con bajo contenido de azufre y la modernización de las calderas de carbón con control de desulfuración a la conversión del uso de carbón a gas natural, electricidad y otras alternativas de energía limpia y de alta calidad. Para las fuentes móviles, Beijing comenzó con el endurecimiento de los estándares de emisión y los estándares de calidad del combustible, desechando los viejos vehículos contaminantes y desarrollando un sistema integral de transporte público. Más tarde, Beijing comenzó a promover nuevos vehículos de energía y el enfoque en el control de la contaminación del vehículo cambió gradualmente de emisiones de vehículos de gasolina a emisiones de vehículos diésel de servicio pesado. En términos de fuentes industriales, las medidas incluyeron la modernización de maquinaria, estándares de emisiones más estrictos y optimización de la estructura industrial. Para controlar el polvo fugitivo, se promovieron las tecnologías de control del polvo, el proceso y las reglas de gestión para reducir el polvo de los sitios de construcción, carreteras y terrenos desnudos (United Nations Environment Programme, 2019).



### RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS



**Fig 10.** Cambios en las concentraciones promedio de contaminantes de aire en Beijing (1998-2017). Adaptado de: United Nations environmental program (2019).



**Fig 11.** Diferentes escenarios de emisiones y reducción de emisiones por medidas de control en Beijing. Adaptado de United Nations environmental program (2019).

Programas específicos: Según el United Nations environmental program (2019) el “Plan de Acción de Aire Limpio de Beijing 2013-2017” fue el programa de control de contaminación más completo y sistemático en Beijing. En 2017, la concentración promedio anual de PM<sub>2.5</sub> de Beijing bajó a 58 µg / m<sup>3</sup> y disminuyó en un 35.6% en comparación con 2013. La estimación de las reducciones de emisiones mediante las principales medidas de control encontró que el control de calderas a carbón, los combustibles limpios en los sectores residenciales y la optimización de la estructura industrial fueron las tres principales medidas efectivas.



WEB  
 TW  
 DIR



### 4.3. Caso 3: Madrid España



#### DEFINICIÓN DEL CASO

En entornos urbanos, las emisiones de gases de efecto invernadero y los contaminantes atmosféricos a menudo tienen el mismo origen, principalmente fuentes difusas, como el tráfico por carretera, el sector residencial o los residuos. Las acciones sobre estas fuentes pueden conducir a una mejora paralela en la calidad del aire. Es por eso que estos dos desafíos se abordan tomando en cuenta el otro, permitiéndonos priorizar medidas sinérgicas de beneficio mutuo y evitar inconsistencias (como el impulso hacia el combustible diésel para uso automotriz, el uso generalizado de biomasa en lugar de energías fósiles y ciertas prácticas de gestión de residuos). El desarrollo de vehículos que funcionan con diésel, debido a que el diésel es un combustible con mayor eficiencia energética que la gasolina, ha tenido un impacto negativo en la contaminación del aire en las ciudades debido a sus mayores factores de emisión (Madrid, 2017).

El plan de calidad del aire y cambio climático para la ciudad de Madrid es una herramienta a nivel local destinada a reducir la contaminación del aire, ayudar a prevenir el cambio climático y definir estrategias de adaptación. Estas acciones, dirigidas a reducir la contaminación y a adaptarse al cambio climático, están diseñadas para ayudar a convertir la ciudad de Madrid en un entorno urbano caracterizado por una alta calidad de vida, mientras consolidan un cambio en la ciudad hacia un modelo urbano sostenible. La estructura del Plan requiere un diagnóstico inicial de la situación actual en términos de contaminantes, marco regulatorio, características físicas y socioeconómicas, etc. Las medidas se dividen en varios programas de acción: movilidad sostenible, regeneración urbana, adaptación al cambio climático y sensibilización ciudadana y colaboración con otras autoridades públicas. Finalmente, el Plan también exige un análisis de impacto y un plan de monitoreo y evaluación (Madrid, 2017).



#### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Madrid, cuenta con 3.266.126 habitantes registrados según las cifras del INE (Instituto Nacional de Estadística, 2020) para 2019. Y tiene un área de 604,3 km<sup>2</sup>.



#### ELEMENTOS SIMILARES A LOS DEFINIDOS EN LA OPORTUNIDAD

La estructura del Plan requiere un diagnóstico inicial de la situación actual en términos de contaminantes, marco regulatorio, características físicas y socioeconómicas, etc. Las medidas se dividen en varios programas de acción: movilidad sostenible, regeneración urbana, adaptación al cambio climático y sensibilización ciudadana y colaboración con otras autoridades públicas. Finalmente, el Plan también exige un análisis de impacto y un plan de monitoreo y evaluación, es decir, diagnósticos iniciales y finales de la situación de la calidad del aire de la ciudad, impulso hacia el combustible diésel para uso automotriz, el uso generalizado de biomasa en lugar de energías fósiles y ciertas prácticas de gestión de residuos.



#### CARACTERIZACIÓN (COMO SE GENERÓ, SE MANIFESTÓ Y SE ATENDIÓ)

En la ciudad el plan de calidad del aire (Plan A) fue aprobado en Junta de Gobierno en septiembre de 2017. Luego, Madrid 360 es la estrategia para cumplir con los objetivos de calidad de aire de la Unión Europea (Ayuntamiento de Madrid, s.f.). Este plan futuro pretende mejorar la calidad del aire a través de tres ejes (rebajar los óxidos de nitrógeno (NOx) un 15 % más que el anterior plan): mejoramiento de la ciudad, la movilidad y la administración, y tiene las siguientes estrategias: Creación de la Línea Cero, la primera línea de autobús de la EMT gratuita que vertebrará el distrito Centro en sentido norte-sur y este-oeste; Los vehículos A que no sean de residentes no podrán circular por el interior de la M-30 a partir del 1 de enero de 2022; No habrá calderas de carbón en la ciudad a partir del 1 de enero de 2022 y se pretende eliminar el 50 % de las que funcionan por gasóleo en ocho años; Se permitirá el acceso y circulación de los vehículos C de alta ocupación en el distrito Centro; y este nuevo plan está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de Naciones Unidas (Ayuntamiento de Madrid, 2019).



Bandera de la ciudad de Madrid



WEB



TW



DIR



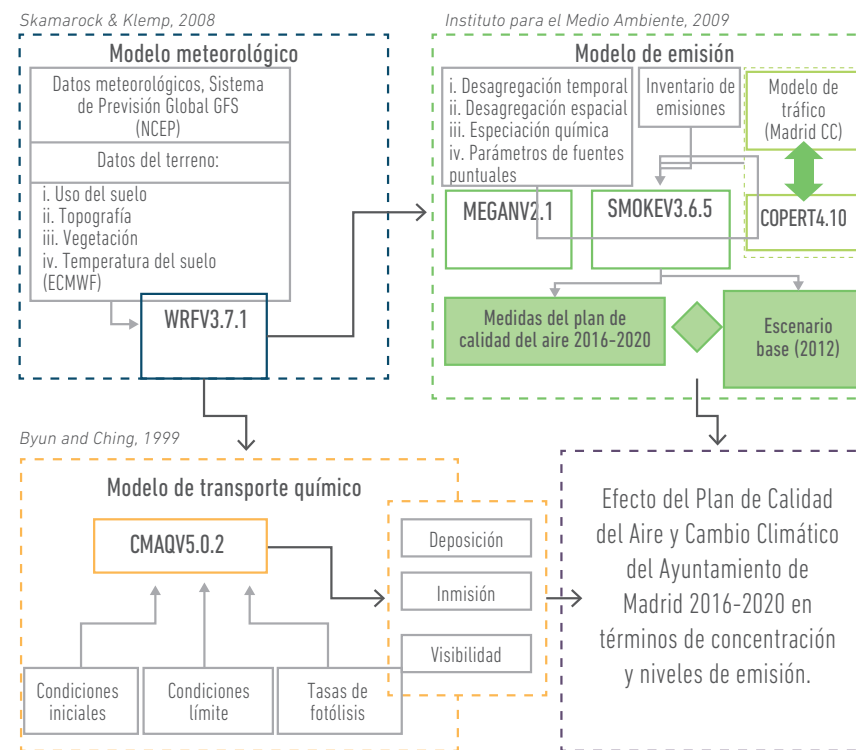
### 4.3. Caso 3: Madrid España

Continuando con el plan anterior (Plan A) la siguiente gráfica muestra el presupuesto estimado en millones de euros en distintas medidas, lo cual demuestra el enfoque del plan: redes de espacio público, urbanismo, eficiencia energética, sensibilización y vulnerabilidad y resiliencia al cambio climático.

**Tabla 2.** Presupuesto estimado para el periodo 2017-2020. Adaptado de: Madrid (2017).

MEDIDA	TOTAL mm €
Actuaciones en la red viaria y en el espacio público dirigidas a reducir la intensidad del tráfico privado y a promover los modos de movilidad activa	154
Acciones dirigidas a la calidad del aire dirigidas al parque automovilístico y a los sectores clave con un alto impacto en la movilidad patrones de movilidad	330
Propuesta de regeneración urbana	
Gestión urbana de bajas emisiones y eficiencia energética	36
Gestión energética de los edificios e instalaciones municipales	4.2
Estrategias y soluciones de adaptación basadas en la naturaleza (vulnerabilidad y resiliencia al cambio climático)	7.7
Sensibilización y educación medioambiental	3.0
Propuesta de sensibilización y comunicación	
<b>TOTAL</b>	<b>543.9</b>

Seguidamente, se muestra una descripción corta de distintos modelos que son relevantes al plan: Modelo meteorológico, modelo de emisiones y modelo de transporte químico.



**Fig 12.** Efecto del plan de calidad del aire y cambio climático del consejo de la ciudad de Madrid 2016-2020, en términos de niveles de emisión y concentración. Adaptado de Madrid (2017).

La OECD (2019) señala que Madrid para el año 2018 tuvo un PIB per cápita (a precios constantes y ppp constante) \$US 55.143.

WEB  
 TW  
 DIR



### 4.3. Caso 3: Madrid España



#### ACTORES IMPLICADOS (DIRECTOS E INDIRECTOS Y SU DESCRIPCIÓN)

- **Empresas:** Son las empresas que normalmente generan agentes contaminantes.
- **Gobierno:** Es el gobierno de Madrid, el cual sensibiliza y reglamenta a las empresas y a los ciudadanos. Y su plan de calidad del aire (Plan A) fue aprobado en Junta de Gobierno en septiembre de 2017. Luego, Madrid 360 es la estrategia para cumplir con los objetivos de calidad de aire de la Unión Europea (Ayuntamiento de Madrid, s.f.).
- **Ciudadanos:** Son sujetos a sensibilización y a reglamentación. Son a su vez los más afectados por la calidad del aire.
- **Organismos multilaterales:** Dado que España pertenece a la Unión Europea, está supeditado a lo que las directivas de la Comisión Europea decidan en sus reuniones. También se encuentran las siguientes: la Coalición de Clima y Aire Limpio (CCAC), el Grupo de Liderazgo Climático de Ciudades C40, y la agencia de las Naciones Unidas, ONU-Hábitat (Madrid, 2017).
- **Coalición de Clima y Aire Limpio (CCAC):** Es un marco de trabajo internacional voluntario cuyo objetivo es la acción concreta y sustancial para acelerar los esfuerzos para reducir los Contaminantes Climáticos de Corta Vida (COALICIÓN CLIMA Y AIRE LIMPIO, 2014).
- **Grupo de Liderazgo Climático de Ciudades C40:** C40 es la red de grandes ciudades de todo el mundo dirigida a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Fue establecida en 2005 con la representación de 18 capitales, convocadas por el entonces alcalde de Londres, Ken Livingstone (LA Network, 2016).
- **Agencia de las Naciones Unidas, ONU-Hábitat:** Promueve pueblos y ciudades social y ambientalmente sostenibles. Es el centro de coordinación de todas las cuestiones relativas a la urbanización y los asentamientos humanos en el sistema de las Naciones Unidas (Naciones Unidas, s.f.).
- **Universidad Politécnica de Madrid:** Cuenta con doble sello de Campus de Excelencia Internacional, una distinción que refrenda la calidad de su actividad docente e investigadora (Universidad Politécnica de Madrid, s.f.).

Otros actores generales y sus emisiones directas son:

**Tabla 3.** Emisiones directas por actividad en el tiempo, de CO2. Adaptado de: Madrid (2017)

Sector	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
RCI	2.564	2,68	2,699	2.561	2.617	2.614	2.510	2,327	2,137	2,383	2,4	2,160
Industria	517	485	482	491	514	506	393	359	316	279	324	329
Transporte carretera	3.442	3.602	3,592	3,467	3,233	3.110	2.948	2,796	2,461	2,327	2,236	2,240
Otros transportes	680	717	742	909	940	878	803	745	742	687	605	611
Tratamiento residuos	1,350	951	983	963	917	944	987	976	906	860	752	619
Otros	628	698	778	844	902	1,089	1,130	1,234	1,285	1,284	1,217	1.154



#### HERRAMIENTAS USADAS PARA ATENDER LA OPORTUNIDAD

En el plan de la ciudad de Madrid (Madrid, 2017) se destaca el siguiente plan:

Movilidad sostenible (medidas):

- **Zona central de emisiones cero:** delimitación de un perímetro cerrado de la zona central con acceso restringido en el que se prohibirá el tránsito. El objetivo es promover un nuevo modelo de movilidad de bajas emisiones que priorice a los peatones, ciclistas, el transporte público y, en general, los vehículos menos contaminantes.
- **Rediseño de los principales canales de distribución de tráfico y conexiones centro-periferia:** acción dirigida a los principales ejes urbanos, dirigida a reducir el espacio dedicado a los automóviles en favor de modos de transporte más sostenibles, mediante la promoción de infraestructuras específicas que apoyen el transporte público, la movilidad en bicicleta, y la recuperación de espacio para peatones.
- **Priorización de la movilidad peatonal:** intervenciones en el espacio público relacionadas con la regeneración urbana, con un impacto directo en la movilidad de corta distancia en los vecindarios, mejorando la calidad del espacio público, reduciendo el ruido y la contaminación del aire y la tasa de accidentes, todo dirigido en la creación de ambientes amigables para peatones.



WEB

TW

DIR

### 4.3. Caso 3: Madrid España

- **Infraestructuras reservadas para el transporte público:** establecer un marco de colaboración y coordinación con otras autoridades públicas que permita que las vías de acceso y salida radial de la ciudad cuentan con carriles para autobuses (carriles BUS-VAO-ECO para autobuses, vehículos de alta ocupación, y vehículos de baja contaminación) que se conectan con puntos de intercambio modal y, en particular, con una red de aparcamientos de estacionamiento y anulación. Creación de corredores de autobuses de alta capacidad o BRT (Bus Rapid Transit) para interconectar distritos.
- **Ampliación y renovación de la flota de autobuses EMT:** hacia una flota 100% baja en emisiones y renovación de la flota EMT mediante un programa de inversión (2017-2020) con la adquisición de 750 nuevos autobuses (gas natural, híbrido y eléctrico). Introducción a gran escala de autobuses eléctricos (Base operativa: Elipa).
- **Taxi:** incentivos para convertir a vehículos de bajas emisiones: subvenciones municipales anuales para la adquisición de vehículos con una etiqueta CERO o ECO. A partir de 2018 sólo se autorizará la sustitución por este tipo de vehículos. Optimización del servicio de taxi utilizando criterios ambientales: Aumento de la eficiencia y sostenibilidad mediante la optimización de rutas y otras acciones estructurales para mejorar el servicio y reducir el tiempo de cruceo vacío en taxi.
- **Distribución urbana de mercancías:** Optimización de la gestión de espacios de carga y descarga en vías públicas; creación de un sistema de gestión y control de espacios de carga y descarga en vías de la ciudad de Madrid mediante una aplicación específica y un servicio municipal. registro de vehículos de distribución de bienes urbanos (registro UGD).
- **Distribución urbana de bienes utilizando vehículos de bajas emisiones:** aplicación de medidas que priorizan el acceso y los horarios para vehículos de bajas emisiones en las zonas de estacionamiento reguladas de la Zona Central y SER
- **Laser Pollutrack:** Las organizaciones Seur y DPDgroup pusieron en marcha un programa para medir el nivel de partículas PM2.5 en el aire de Madrid. Consiste en sensores instalados en los vehículos de reparto Seur y diferentes puntos (tiendas) donde la tecnología láser Pollutrack permite que los sensores midan en tiempo real la cantidad de partículas PM2.5. Los datos obtenidos serán compartidos para visualizar la información recogida en mapas de alta resolución (Esmarthcity, 2020).



#### RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS

La siguiente gráfica muestra el cambio en el tiempo de las emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero, en donde se evidencia que en los últimos años han disminuido significativamente.

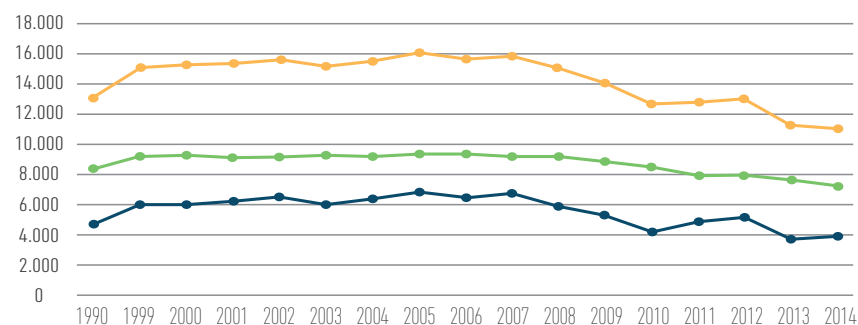


Fig 13. Emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero entre 1990-2014. Adaptado de Madrid (2017).

Madrid, también dados sus modelos de estimaciones y la información de emisiones del escenario base muestra el cambio estimado en el tiempo de las mediciones anuales y por hora, en donde una vez más se muestra una disminución de las mismas

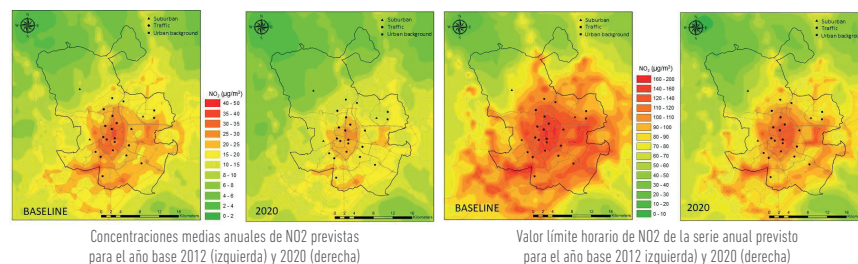


Fig 14. Concentraciones promedio anual de No2 predecidas para el año base 2012

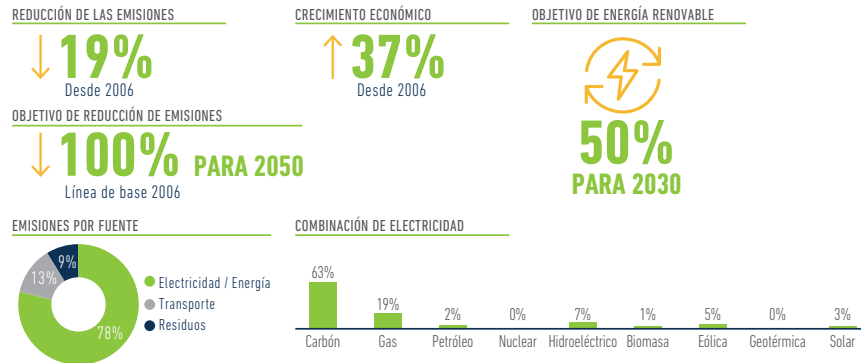


## 4.4. Caso 4: Sydney Australia



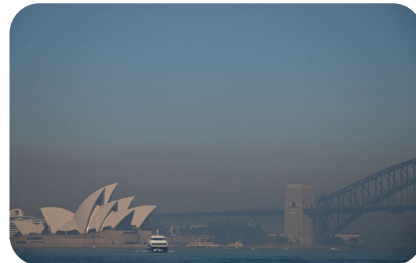
### DEFINICIÓN DEL CASO

Desde 2006, las emisiones de gases de efecto invernadero de la organización (gobernación de la ciudad) se han reducido en un 25% y las emisiones en el área del gobierno local se han reducido en un 19% en medio de un fuerte crecimiento en el número de población y trabajadores, con una reducción del 41% en la ‘intensidad de carbono’ (emisiones por unidad de PIB).



**Fig 15.** Características relevantes de la ciudad de Sydney.  
Adaptado de Carbon Neutral Cities Alliance (s.f.a.)

La Ciudad faculta a las comunidades de negocios, residentes y visitantes de Sydney para que tomen medidas ambientales a través de una gama de programas específicos: Better Building Partnership, CitySwitch Green Office y Smart Green Apartments. La ciudad también ofrece subvenciones ambientales (Carbon Neutral Cities Alliance, s.f.).



Bandera de la ciudad de Sydney



### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El área local cubre 26.15 km<sup>2</sup>, cubriendo el centro de la ciudad y más de 30 suburbios, es un centro económico vital y una puerta de turismo para Australia. Es el hogar de más de 20,000 empresas y 210,000 residentes y apoya a 1.2 millones de residentes, trabajadores, visitantes y estudiantes todos los días (Carbon Neutral Cities Alliance, s.f.). El área local representa aproximadamente el 7% de la economía nacional y el 22% del producto regional bruto de Nueva Gales del Sur (City of Sydney, 2017).



### ELEMENTOS SIMILARES A LOS DEFINIDOS EN LA OPORTUNIDAD

En la ciudad se busca: La ciudad estará conectada con enlaces verdes, apoyando la biodiversidad y la ecología urbana resistente. Un sistema de transporte integrado con una red de senderos para caminar y andar en bicicleta y nuevos corredores de transporte público. La calidad del aire mejorará con vehículos más limpios y los esquemas para compartir automóviles reducirá la congestión del tráfico (City of Sydney, 2017). Adicionalmente, existen políticas de viajes del personal que dan prioridad al uso del transporte activo (a pie y en bicicleta) y del transporte público cuando sea posible.

Red de monitoreo integral: red estatal de monitoreo de la calidad del aire proporciona información actualizada a la comunidad; los sitios de monitoreo están establecidos en Sydney y en varias áreas regionales de Nueva Gales del Sur, y miden continuamente partículas (PM 10 , PM 2.5), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y visibilidad (NSW, s.f.a.).

Medida Nacional de Protección del Medio Ambiente para el Aire Ambiente (Air NEPM): establece estándares nacionales para los seis contaminantes atmosféricos clave a los que están expuestos la mayoría de los australianos: monóxido de carbono, ozono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, plomo y partículas. Los objetivos se refieren a los excesos permitidos de estas concentraciones máximas durante un año (NSW, 2020a). Adicionalmente, las lecturas de la calidad del aire se actualizan cada hora y se realiza un pronóstico diario de la calidad del aire para la Región Metropolitana de Gran Sydney a las 4pm cada día (NSW, s.f.b.).





#### 4.4. Caso 4: Sydney Australia



##### CARACTERIZACIÓN (COMO SE GENERÓ, SE MANIFESTÓ Y SE ATENDIÓ)

Las emisiones de gases de efecto invernadero de Australia por persona se encuentran entre las más altas de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). La dependencia de la electricidad a carbón es una razón importante. Esta fuente de electricidad tiene altas emisiones de carbono y es un importante contribuyente al cambio climático.

El costo de instalar tecnología renovable está disminuyendo y la aceptación del mercado está aumentando: más del 15 por ciento de los hogares australianos ahora tienen paneles solares. Las empresas progresivas en la ciudad están logrando excelentes resultados de los proyectos locales de generación de energía renovable. Sin embargo, la generación de energía renovable sólo a escala de edificios es insuficiente para alcanzar el objetivo de energía renovable de la ciudad.



Para maximizar las oportunidades de generación local, los edificios deben poder compartir la energía localmente. La Ciudad está presionando para que se realicen cambios regulatorios a las Reglas Nacionales de Electricidad para mejorar los retornos financieros de los generadores locales. Los resultados tendrían un efecto positivo en la adopción de la construcción y la generación de energía renovable a escala de distrito en Australia.

El plan a futuro es el siguiente: en el 2007-2008, se consultó con los residentes, trabajadores, estudiantes, operadores de negocios, asociaciones industriales, organizaciones comunitarias y visitantes de la ciudad para desarrollar el Sydney 2030 sostenible, el plan integral para crear una ciudad verde, global y conectada (City of Sydney, 2017).

La OECD (2019) señala que la zona denominada Gran Sydney, tuvo para el año 2018 un PIB per cápita (a precios constantes y ppp constante) de \$US 49860.



##### ACTORES IMPLICADOS (DIRECTOS E INDIRECTOS Y SU DESCRIPCIÓN)

- **Empresas:** Son tanto las empresas que generan contaminación, como las empresas que generan energías renovables.
- **Gobierno:** El Gobierno de Sydney convirtió sus operaciones en la ciudad en carbono neutro desde 2007, y es el primer gobierno certificado como tal en 2011.
- **Consejo de Construcción Verde de Australia:** GBCA por sus siglas en inglés, es una asociación de la industria sin fines de lucro que promueve la sostenibilidad en el entorno construido. Califican la sostenibilidad de los edificios, instalaciones y comunidades a través del único sistema de calificación nacional, voluntario y holístico de Australia (Green Star), educan y promueven programas, tecnologías, prácticas de diseño y operaciones de construcción ecológica (GBCA, s.f.).
- **Departamento de Planificación, Industria y Medio Ambiente:** reúne a especialistas en planificación urbana y regional, recursos naturales, industria, medio ambiente, patrimonio, viviendas aborígenes y sociales (NSW, s.f.c.).
- **Transporte para Nueva Gales del Sur:** principal agencia de transporte público del gobierno, la cual gestiona el presupuesto para servicios de ferrocarril, autobús, ferry, carretera, marítimo y de taxis e infraestructura de transporte relacionada en NSW. (Transport NSW, s.f.).
- **Grupo de Medio Ambiente, Energía y Ciencia:** EES por sus siglas en inglés, forma parte del Departamento de Planificación, Industria y Medio Ambiente. El grupo tiene funciones como la gestión de parques nacionales, la biodiversidad y la conservación, el cambio climático, la sostenibilidad, la resiliencia y la adaptación, las energías renovables y la seguridad energética, la gestión de residuos y la recuperación de recursos, y la protección del medio ambiente y la regulación de la seguridad de las minas (NSW, s.f.d.).
- **Asociación de Mejores Edificios:** alianza líder de propietarios, administradores y personas que desempeñan un papel clave en el rendimiento y la sostenibilidad de los edificios existentes en Sydney. La asociación es propietaria de más de la mitad de la superficie comercial del centro de la ciudad y redujeron colectivamente sus emisiones en un 45% con respecto a su línea de base de 2006, ahorrando 30 millones de dólares en costos de electricidad evitados desde 2006 (City of Sydney, 2017).



WEB



TW



DIR



## 4.4. Caso 4: Sydney Australia



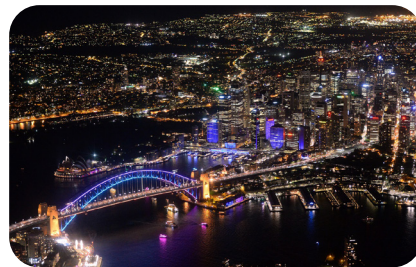
### HERRAMIENTAS USADAS PARA APROVECHAR LA OPORTUNIDAD

Unas de las tecnologías destacadas son: Las farolas LED de bajo consumo, pioneras en Australia, que ahora son la norma. Las baterías son cada vez más rentables y la eficiencia de los equipos de servicio de construcción mejora constantemente.

**Asociaciones con el sector privado:** La ciudad se está asociando con los principales propietarios de edificios comerciales de Sydney a través de Better Buildings Partnership y el programa CitySwitch para reducir las emisiones en el sector comercial de la ciudad.

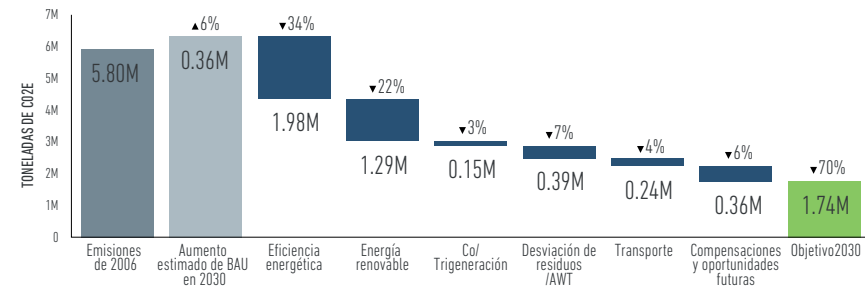
La certificación de carbono neutral desde 2011 logró una reducción del 25% en las emisiones a mediados de 2016 con las siguientes acciones: Reequipar 45 de los edificios principales con medidas de ahorro de energía; reduciendo sus emisiones en un 25%; Reemplazando 6,604 luces de calles y parques propiedad de la ciudad de Sydney con luces de diodo emisor de luz (LED) de eficiencia energética, reduciendo sus emisiones en un 40%. Seguidamente, se alcanzó el 3% de la electricidad de fuentes locales de energía renovable mediante: Instalación de 40 sistemas de energía solar y agua caliente solar en las propiedades de la ciudad. Otras de las medidas tomadas es la plantación de árboles y paisajismo para enfriar la ciudad, desde 2005 (City of Sydney, 2017).

**Modelo HYSPLIT:** El modelo de trayectoria híbrida integrada de lagrangiana de una sola partícula (HYSPLIT), pronostica el camino probable que seguirán las columnas de contaminación del aire, con el objetivo de identificar áreas que pueden verse afectadas. Este sistema puede ejecutarse utilizando datos de pronóstico de alta resolución espacial (1,5 km) de la Oficina Australiana de Meteorología para aumentar la precisión del modelado de trayectoria (NSW, 2020b).



### RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS

En términos generales, podemos ver una tendencia clara y progresiva, especialmente después de 2006, hacia una reducción de NOx. Las emisiones del área local se redujeron en un 17% a mediados de 2015 como resultado de iniciativas de eficiencia energética, aumentando la generación local de energía renovable y la energía renovable entregada a través de la red eléctrica centralizada: alrededor de 4,163 kW de energía solar fotovoltaica instalada en el área del gobierno local, incluyendo 873 viviendas y numerosas instalaciones grandes en propiedades comerciales: la intensidad de carbono (toneladas de carbono por \$ PIB) de nuestra área de gobierno local ha disminuido en un 36 por ciento desde 2006, lo que refleja un fuerte crecimiento económico, mientras que las emisiones se han reducido - The Better Buildings Partnership, propietarios de Más de la mitad del espacio comercial en el centro de la ciudad ha reducido colectivamente las emisiones anuales en un 45% (City of Sydney, 2017).



**Fig 16.** Objetivo de emisiones de gases de efecto invernadero de la zona de gobierno local. Contribución estimada de las iniciativas. Adaptado de City of Sydney (2017)

En el gráfico anterior se indican las contribuciones estimadas de las iniciativas que se esperan puedan conducir a la reducción de las emisiones de la ciudad en un 70% para el año 2030. Sydney planea tomar una serie de acciones para impulsar estas iniciativas, sin embargo, las emisiones de toda la ciudad dependen de una serie de factores que están fuera de control. Por ejemplo, la reducción de las emisiones del transporte (-4%) se lograría mediante el uso de vehículos de menor intensidad de emisiones, y cambiando la división de modos para pasar a los desplazamientos a pie y en bicicleta (City of Sydney, 2017).



WEB

TW

DIR

## 4.5. Caso 5: Copenhague Dinamarca



### DEFINICIÓN DEL CASO

Copenhague tiene grandes ambiciones climáticas, y pretende ser la primera capital neutral en carbono en 2025. Se espera que la población de Copenhague crezca un 20% en la próxima década, a la vez que quiere demostrar que es posible combinar crecimiento, desarrollo y aumento calidad de vida con la reducción de emisiones de CO2 Cities Alliance (s.f.b.).



### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La población de Copenhague en 2020 ahora se estima en 1.346.485, pero cuando se considera el área metropolitana más grande, Copenhague tiene una población de 1.99 millones.

La ciudad propiamente dicha tiene solo 583,000 residentes con una densidad de población de 6,800 personas por kilómetro cuadrado. Esto es cerca del 10% de la población total del país. La ciudad propiamente dicha reclama un área de 178.46 kilómetros cuadrados, mientras que el área urbana cubre 606.5 kilómetros cuadrados y el área metropolitana se expande más de 1,767.52 kilómetros cuadrados (World Population Review, 2020).



### ELEMENTOS SIMILARES A LOS DEFINIDOS EN LA OPORTUNIDAD

Transporte alternativo: Es decir, políticas que impulsan el uso de bicicletas por ejemplo, que tienen una huella de carbono mucho menor que otros medios de transporte. También se menciona la importancia del uso de la línea del metro de la ciudad. A lo largo de los últimos años, los planes de la ciudad han tomado en cuenta objetivos respecto al clima como: ámbitos de energía, transporte, edificación, desarrollo urbano, comportamiento y adaptación. Y se han tomado en cuenta aspectos relevantes de la ciudad como su alto nivel de precipitación y el nivel del agua alrededor de la ciudad (State of Green, 2015).



### CARACTERIZACIÓN

Para 2025, la ciudad industrial danesa que alguna vez estuvo repleta de smog y contaminación por diésel, aspira ser carbono cero al generar más energía renovable que la energía menos limpia que consume. En el caso de Copenhague, eso significa cambiar la manera en que la gente se desplaza, cómo calientan sus hogares y qué hacen con su basura. También se destaca el hecho de la existencia de transportes alternativos como las bicicletas y el uso de la línea de metro. Pero aún así quedan muchos desafíos respecto a cuestiones políticas, y la quema de madera en ciertas centrales eléctricas (New York Times, 2019). Luego, según State of Green (2015) Copenhague tiene la segunda mejor calidad del aire entre las 23 principales ciudades europeas. Copenhague es elogiado por su prolífica cultura ciclista y sus esfuerzos por reducir la cantidad de automóviles y vehículos contaminantes.

A lo largo de los últimos años, los planes de la ciudad han tomado en cuenta objetivos respecto al clima como: ámbitos de energía, transporte, edificación, desarrollo urbano, comportamiento y adaptación. Y se han tomado en cuenta aspectos relevantes de la ciudad como su alto nivel de precipitación y el nivel del agua alrededor de la ciudad (Comisión Europea, 2010).

Respecto al monitoreo de la calidad del aire, este se ha dado en las ciudades danesas continuamente desde 1981 dentro de la red danesa de monitoreo de la calidad del aire. El objetivo es seguir los niveles de concentración de contaminantes y proporcionar el conocimiento necesario para evaluar las tendencias, realizar el reparto de fuentes y comprender los procesos de gobierno que determinan el nivel de contaminación. En 2017, la calidad del aire se midió en cuatro ciudades (entre ellas Copenhague) y en dos sitios de base, en donde también realizaron cálculos como un modelo de la calidad del aire y el impacto de la contaminación del aire en la salud humana y los costos externos relacionados (Centro Danés de Medio Ambiente y Energía, 2018).

La OECD (2019) señala que Copenhague para el año 2018 tuvo un PIB per cápita (a precios constantes y ppp constante) \$US 61.970.



Bandera de la ciudad de Copenhague



WEB



TW



DIR



## 4.5. Caso 5: Copenhague Dinamarca



### ACTORES IMPLICADOS (DIRECTOS E INDIRECTOS Y SU DESCRIPCIÓN)

- **Centro Danés para el Medio Ambiente y la Energía (DCE por sus siglas en inglés):** Es la unidad central de la Universidad de Aarhus para el intercambio de conocimientos en las áreas de naturaleza, medio ambiente, clima y energía. Ofrece asesoramiento y soluciones basadas en la ciencia que ayudan a la ecologización de la economía y promueven el crecimiento sostenible a escala local, nacional e internacional (Centro Danés de Medio Ambiente y Energía, 2020).
- **La Agencia Danesa de Protección Ambiental:** La Agencia está organizada en cinco centros: Centro para la Naturaleza Rica, Centro para el Agua Limpia, Centro para la Química Segura, Centro para la Producción Verde y Centro para el Personal (Agencia Danesa de Protección Ambiental, s.f.).
- **El Programa Danés de Monitoreo de la Calidad del Aire (LMP por sus siglas en inglés):** Se origina en 1981. Hoy el programa forma parte del Programa Nacional de Monitoreo para el medio ambiente acuático y terrestre. El programa consiste en una red de monitoreo urbano con estaciones urbanas (en las cuatro ciudades más grandes) y dos estaciones de fondo en áreas rurales que se complementa con cálculos realizados a partir de modelos (Centro Danés para el Medio Ambiente y la Energía, 2018).
- **Oficina Ambiental Europea:** Es la red más grande de organizaciones de ciudadanos ambientales en Europa. Actualmente consta de más de 160 organizaciones miembros en más de 35 países (Oficina Ambiental Europea, s.f.).
- **Unión Europea (UE):** Se ha fijado el objetivo de alcanzar niveles de calidad del aire que no den lugar a impactos negativos significativos en la salud humana y el medio ambiente. Desde principios de 1970, la UE ha buscado mejorar la calidad del aire controlando las emisiones de sustancias nocivas, mejorando la calidad del combustible e integrando los requisitos de protección ambiental en los sectores de transporte y energía (Comisión Europea, 2020).

<sup>6</sup> Copenhagen Solutions Lab es parte de la Administración Técnica y Ambiental en el Municipio de Copenhague

<sup>7</sup> Aclima proporciona a los gobiernos, investigadores, industria y comunidades una nueva clase de inteligencia ambiental para reducir la contaminación del aire y las emisiones que cambian el clima.



### HERRAMIENTAS USADAS PARA APROVECHAR LA OPORTUNIDAD

La mayoría de las emisiones de partículas del escape del vehículo se pueden reducir instalando un filtro de partículas cerrado en el sistema de escape. Más del 80% de los óxidos de nitrógeno (NOx) en el escape puede eliminarse en un sistema SCR (SCR: reducción catalítica selectiva). El sistema consta de un convertidor catalítico SCR, un sensor de NOx y una fuente de amoníaco. El sensor de NOx libera la dosis requerida de amoníaco al convertidor catalítico para transformar los óxidos de nitrógeno (y el amoníaco) en nitrógeno libre inofensivo y vapor de agua. Los propietarios de vehículos no instalan voluntariamente filtros cerrados de partículas y sistemas SCR de ciudad, lo que hace evidente que se necesitan medidas legales para garantizar que los vehículos diésel están equipados con las soluciones técnicas disponibles. Las normas europeas de la UE hacen esto en cierta medida con todos los vehículos diésel nuevos que tienen filtros de partículas instalados en fábrica y sistemas SCR tradicionales. (The Danish Ecological Council, 2014).

- **Copenhagen Solutions Lab + Google<sup>6</sup>:** estas dos organizaciones están trabajando de la mano para medir la contaminación del aire de Copenhague calle por calle, por medio de una potencia informática, almacenamiento de datos seguro y una flota de autos de Street View. Los autos conducirán por toda la ciudad con equipos de medición de aire, equipados con la plataforma de sensores móviles de Aclima<sup>7</sup> para medir óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), partículas (PM 2.5, PM 10), partículas ultrafinas (PM 0.1) y carbono negro, brindando un apoyo a las mediciones actuales de NOx y partículas. Todos los datos aéreos van a estar disponibles para la ciudad y las instituciones de conocimiento relevantes, a través de un sitio web municipal, con mediciones en tiempo real de los medidores de partículas de NO<sub>2</sub> (SmarthCitiesWorld, 2018).
- **Sensores locales:** Copenhague instaló un nuevo tipo de sensores que permite medir la calidad del aire a nivel local, siendo este más económico. Tiene como propósito brindar una imagen más detallada de la calidad del aire real de la ciudad, además, los datos brindados por los nuevos sensores brindarán una base a las organizaciones para tomar decisiones (Copenhagen Solutions Lab, s.f.).



Un soplo de aire fresco: Medición de la calidad del aire en Copenhague



WEB



TW



DIR



## 4.5. Caso 5: Copenhague Dinamarca



### RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS

**Tabla 4.** Contaminación del aire en el Boulevard de H.C. Andersens y la contaminación ambiental antes y después de implementar la zona de bajas emisiones (Etapa 1 en el verano de 2008 y Etapa 2 en el verano de 2010). Adaptado del Centro Danés de Medio Ambiente y Energía (2011).

	Sector	2003	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Z. emisión
PM10	H.C. Andersen' Bouh/.	2.564	38	39	30	29	36	32	0.5-1
(Mg/m3)	Background	517	24	21	21	20	24	18	0
PMzs	H.C. Andersen' Bouh/.	3.442	23	22	18	18	20	15	0.5-1
(Pg./m3)	Baggrund	680	—	13	11		17	11	0
PMo.l	H.C. Andersen' Bouh/.	1,350	21,000	25,000	15,000	17,000	14,000	14,000	3-5000 >
(number/ cnr*)	Baggrund	628	6000	5000	6000	7000	6500	5500	0-500*1
no2	H.C. Andersen' Bouh/.		52	55	50	56	54	55	1-2

Tiene una reducción del 42% de emisiones desde el 2006, a la par con un crecimiento económico de 24%.

Seguidamente, la ciudad se ha destacado por reducir sustancialmente la cantidad de automóviles y por la imposición de restricciones a los vehículos altamente contaminantes; también porque todos los autos de la flota municipal son eléctricos o de hidrógeno (en el plan de la ciudad, se tiene el objetivo de lograr una transformación completa a electricidad, hidrógeno o biocombustibles); en suma, se promueven los transportes alternativos como el ciclismo (destacándose en Europa), y nuevas líneas de metro (State of Green, 2015).



WEB



TW



DIR





## 4.6. Caso 6: Japón



Bandera de Japón



### DEFINICIÓN DEL CASO

Según la OECD (2020), la intensidad de la contaminación de la economía japonesa, medida como emisiones por dólar del PIB, se encuentra entre las más bajas dentro de los países de la OCDE. Sin embargo, la contaminación del aire sigue siendo un problema importante. Casi el 80% de los residentes japoneses estuvieron expuestos a una concentración anual de PM2.5 por encima de la directriz de la OMS, mientras que la tasa de logro del estándar de calidad del aire doméstico para oxidantes fotoquímicos es inferior al 1%. El análisis del marco regulatorio y de aplicación de la ley para la gestión de la calidad del aire en Japón identifica las mejores prácticas y los desafíos clave restantes, incluida una comprensión limitada del mecanismo de generación de la contaminación por ozono y la necesidad de fortalecer la cooperación entre las prefecturas.

Japón tiene un sistema de monitoreo continuo para 11 contaminantes del aire: el Sistema de Observación Ambiental Regional atmosférica o “Soramame-kun”. Hay dos tipos de estaciones de monitoreo: aquellas para el ambiente atmosférico general (1,581 estaciones en 2016) y aquellas para monitoreo de aire en carretera (451 estaciones en 2016). El sitio web de Soramame-kun revela la información observada casi en tiempo real en un mapa de distribución, donde los valores de concentración se informan utilizando un sistema de codificación de colores. Cuando los valores de concentración observados exceden los umbrales predeterminados, se emite un aviso o alerta de advertencia. En el primer caso, el gobernador de la prefectura informa a la población sobre el empeoramiento de la calidad del aire y solicita la cooperación de las empresas para reducir las emisiones de humo de hollín y COV (Compuestos orgánicos volátiles), así como la restricción voluntaria de los ciudadanos en el uso de automóviles (OECD, 2020).

Los requisitos de autocontrol para las empresas aumentan en relación con su impacto ambiental. Las regulaciones requieren que las mediciones sean realizadas directamente por la empresa regulada o por terceros (es decir, laboratorios acreditados) siguiendo procedimientos y técnicas específicas. Los emisores también deben almacenar los resultados de su análisis durante al menos tres años (Reglamento para la aplicación de la Ley de Control de la Contaminación del Aire, modificado en 2016).

**Tabla 5.** Obligaciones de medición de materiales contaminantes del aire.

Adaptado de OECD (2020)

Obligación de medir las emisiones contaminantes				
		Volumen de gas emitido	Frecuencia mínima	Nota
Hollín y humo	SOx	>= 10 Nm <sup>3</sup> / hora	Cada dos meses	Control de 24 horas para las personas sujetas a la normativa sobre emisiones totales
	NOx	>= 40,000 Nm <sup>3</sup> / hora	Cada dos meses	Control de 24 horas para los sujetos a la normativa sobre emisiones totales
		< 40,000 Nm <sup>3</sup> / hora	Cada seis meses	
	Otros (por ejemplo, hollín y polvo, otros contaminantes, etc.)	>= 40,000 Nm <sup>3</sup> / hora	Cada dos meses	
	<40,000 m <sup>3</sup> / hora	< 40,000 Nm <sup>3</sup> / hora	Cada seis meses	
COVs			Cada año	
Asbestos			Cada seis meses	La norma de concentración es de 10 fibras por 1 L de aire
Mercurio		>= 40,000 Nm <sup>3</sup> / hora	Cada cuatro meses	
		< 40,000 Nm <sup>3</sup> / hora	Cada seis meses	

Nota: Los criterios de volumen de gas de emisión aplicados para el SOx (10Nm<sup>3</sup> / hora) se basan en la emisión de SOx. Los criterios aplicados para los contaminantes distintos del SOx (40.000 m<sup>3</sup> / hora) se basan en la emisión global de gases de la instalación. Fuente: (APCA, 2016(101)).



### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

En lo concerniente a 2015, los bosques y los campos representan la mayor parte de la superficie: hay aproximadamente 254,000 kilómetros cuadrados de bosques y campos (lo que equivale al 67% de la superficie), seguidos de aproximadamente 45,000 kilómetros cuadrados de tierra agrícola (12%). Y hay aproximadamente 19,000 kilómetros cuadrados de tierra desarrollada (5%) (Oficina Estadística de Japón, 2019). Es decir, Japón, situada en el este de Asia, tiene una superficie de 377.970 Km<sup>2</sup> (Datos Macro, 2020).

La población total de Japón en 2018 fue de 126,44 millones de personas (Oficina Estadística de Japón, 2019).



WEB



TW



DIR



## 4.6. Caso 6: Japón



### ELEMENTOS SIMILARES A LOS DEFINIDOS EN LA OPORTUNIDAD

Sistemas avanzados de medición de calidad del aire: Medición de masa con recolección de muestra de filtro que se designa como método de referencia, o métodos automatizados alternativos, designados como métodos equivalentes, que tienen un rendimiento de medición comparable al método de referencia correspondiente (Ministry of the Environment Government, s.f.).

En los años 50 y 60, Japón experimentó un período de rápido crecimiento económico cuyas externalidades ambientales sin control dieron lugar a la difusión de varias enfermedades relacionadas con la contaminación (OECD, 2020).

En Japón, las reformas más recientes se centraron en el mejoramiento de los procedimientos de evaluación previa de los proyectos (Evaluación del Impacto Ambiental - EIAs por sus siglas en inglés), y de las reglamentaciones (Evaluación del Impacto Regulatorio - RIAs por sus siglas en inglés) (OECD, 2020).

Sistemas de alerta temprana: El sitio web de Soramame-kun revela la información observada casi en tiempo real en un mapa de distribución, donde los valores de concentración se informan utilizando un sistema de codificación de colores. Cuando los valores de concentración observados exceden los umbrales predeterminados, se emite un aviso o alerta de advertencia (OECD, 2020).



### CARACTERIZACIÓN (COMO SE GENERÓ, SE MANIFESTÓ Y SE ATENDIÓ)

La gestión de la calidad del aire, según otros dominios ambientales clave, todavía se basa en gran medida en el marco legal desarrollado en la década de 1970 y en la Ley Ambiental Básica adoptada en 1993. Sus características clave son:

Los valores límite de emisión, junto con los Estándares de emisión total para SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub> en áreas de alto riesgo, son la herramienta principal para regular la contaminación del aire de fuentes estacionarias. Los instrumentos de fijación de precios, como los impuestos o el esquema comercial, no están incluidos en la combinación de políticas para regular la contaminación del aire. En particular, un sistema basado en las mejores técnicas disponibles no se emplea en Japón con la excepción del mercurio. Una característica específica de los esfuerzos japoneses de control de la contaminación es la gran dependencia de los Enfoques Voluntarios.

Los acuerdos de control de la contaminación (PCA), que proliferaron a principios de 1960 como respuesta de los gobiernos locales a la demanda de los ciudadanos de una mayor calidad ambiental, son hoy en día comunes en todo Japón. Existen varios incentivos para promover la compra de vehículos con bajas emisiones, mientras que pocas inversiones objetivas en tecnologías de reducción de la contaminación. Desde 2009, la compra de vehículos ecológicos se incentiva a través de exenciones de impuestos y distintos subsidios. La principal medida para incentivar la inversión de las empresas en tecnologías amigables con el medio ambiente es un programa de préstamos por debajo de la tasa de mercado operado por la Corporación Financiera de Japón (OECD, 2020).

Además, ciertos gobiernos locales han introducido mecanismos específicos (por ejemplo, puntos adicionales en las ofertas de obras públicas) para apoyar la adopción de los Sistemas de Gestión Ambiental (EMS), como la Acción ECO 21. Por su parte, como los automóviles diésel se incluyen en el grupo de vehículos que se benefician por los eco-incentivos, sus ventas han aumentado en los últimos años con un posible impacto negativo en la calidad del aire. Esto es particularmente preocupante dado el vínculo entre la contaminación del aire y el cáncer de pulmón, y ciertos avances de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer, que llevaron a clasificar el diésel como un carcinógeno.

En 2017, el Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones, que está a cargo de la evaluación de impacto regulatorio, lanzó nuevas pautas con el objetivo de aumentar la aplicación de métodos de evaluación cuantitativa. Dado su reciente lanzamiento, es demasiado pronto para evaluar si las pautas llevaron a una mayor aceptación de las evaluaciones cuantitativas del impacto de las regulaciones en la calidad del aire. No todos los manuales ministeriales para el Análisis de Beneficios de Costos (CBA) brindan una guía clara sobre cómo evaluar los efectos de los proyectos en la calidad del aire. Las actividades de monitoreo y cumplimiento en Japón están orientadas a guiar a los actores económicos hacia el cumplimiento con un recurso limitado a multas y sanciones. Esto es, por ejemplo, claramente visible en los resultados de las actividades de inspección que vieron la emisión, en promedio durante los últimos tres años, de 8,087 guías y solo 5 órdenes administrativas de más de 35,000 inspecciones anuales (OECD, 2020).



WEB



TW



DIR



## 4.6. Caso 6: Japón

La siguiente gráfica muestra una línea de tiempo de las políticas ambientales en Japón:

**Tabla 6.** Obligaciones de medición de materiales contaminantes del aire.  
Adaptado de OECD (2020)

Cronología de las principales políticas medioambientales en Japón		
AÑO	LEY O ACCIÓN	DESCRIPCIÓN DEL BRIEF
1962	Establecimiento de la Ley de Humo y Hollín	Introducción del control de las emisiones de polvo y humo de las fábricas en las zonas designadas.
1967	Establecimiento de la Ley Básica de Control de la Contaminación Ambiental	Aclaración de la responsabilidad de la emisión de contaminantes e introducción de normas de calidad ambiental.
1968	Establecimiento de la Ley de Control de la Contaminación Atmosférica	(Modificación de la Ley de Regulación de Humo y Hollín).
1970	Revisión de la Ley de Control de la Contaminación Atmosférica	Introducción de un control de emisiones uniforme en todo el país y de sanciones directas.
1971	Creación de la Agencia de Medio Ambiente	
1978	Revisión de la Ley de Control de la Contaminación Atmosférica	Introducción del control de los gases de escape de los automóviles
1993	Creación de la Ley Básica de Medio Ambiente	Introducción del concepto de prevención de la contaminación ambiental
2001	Creación del Ministerio de Medio Ambiente y establecimiento de la Ley de NOx/PM del automóvil	Actualización de la Agencia y modificación de la ley de NOx del automóvil
2006	Revisión de la Ley de Control de la Contaminación Atmosférica	Introducción del control de las emisiones de COV
2009	Introducción de la norma de calidad del aire para las PM2,5	Establecimiento de la norma AQS para las PM 2,5 además de la norma para las PM7
2018	Revisión de la Ley de Control de la Contaminación Atmosférica	Introducción del control de las MTD de las emisiones de mercurio

El Banco Mundial (2019) señala que Japón en el 2018 tuvo un PIB per cápita \$US 39,290.



### ACTORES IMPLICADOS (DIRECTOS E INDIRECTOS Y SU DESCRIPCIÓN)

- Gobierno:** Siguiendo la estructura relativamente centralizada del gobierno japonés, la mayoría de las responsabilidades para la formulación de políticas ambientales se retienen a nivel central. El Ministerio del Medio Ambiente (MoE) tiene jurisdicción exclusiva sobre varios asuntos relacionados con la contaminación del aire. Estos incluyen el establecimiento de estándares de calidad del aire ambiente y valores límite de emisión, y la formulación de políticas de reducción de emisiones totales.
- Ciudadanos:** En este caso toman un papel polifacético entre ser los afectados por la contaminación, los regulados conductores de vehículos y también participan en la creación de ciertas leyes primarias y secundarias.

- Empresas:** Empresas sujetas a la regulación a la cual están dirigidos los incentivos para distintos propósitos que causen una menor contaminación.



**Fig 17.** Principales actores gubernamentales y socios clave respecto a la calidad del aire.  
Adaptado de OECD (2020).

### Organizaciones específicas:

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE):** es una organización internacional cuyo objetivo es dar forma a políticas que fomenten la prosperidad, la igualdad, las oportunidades y el bienestar (OECD, s.f.).
- Gobierno Metropolitano de Tokio:** establece políticas y metas como la de cero días con alertas de smog fotoquímico para el año fiscal 2020.
- Ministerio de medio ambiente (MoE por sus siglas en inglés):** Es el ministerio encargado de temas y políticas relacionadas al medio ambiente en Japón.
- Ministerio de Economía, comercio e industria (METI por sus siglas en inglés):** Elabora el Plan Básico de Energía que establece los objetivos para la penetración de vehículos limpios, así como para la generación de energía renovable
- Agencia de Restauración Ambiental y Conservación (ERCA por sus siglas en inglés):** Gestiona los programas para la prevención de la contaminación y la compensación de las personas con enfermedades relacionadas con la contaminación.
- Ministerio de Tierra, Infraestructura, Transporte y Turismo (MLIT por sus siglas en inglés):** Publica la “Guía técnica de análisis de costo-beneficio para la evaluación de proyectos públicos”, en la que se incluyen una amplia gama de impactos ambientales y varios métodos de costeo.



WEB  
TW  
DIR



## 4.6. Caso 6: Japón



## HERRAMIENTAS USADAS PARA APROVECHAR LA OPORTUNIDAD

El Plan Ambiental Básico (BEP) es un marco plurianual que establece los objetivos a largo plazo para la política ambiental. Los planes, cuya implementación es evaluada por el Consejo Ambiental Central y el Ministerio del Medio Ambiente, están redactados en coordinación con ministerios y brindan orientación para la asignación del presupuesto.

**Tabla 7.** Resumen de estándares para fuentes estacionarias de polución.  
Adaptado de OECD (2020).

	Cont.	Diferenciación de la época	Diferenciación geográfica	Responsable de fijar los valores límite de emisión (VLE)
Normas	PM	No hay diferenciación (véase la diferencia geográfica)	Límites especiales para las plantas nuevas en zonas específicas (9 zonas)	Los gobiernos centrales pero las prefecturas pueden introducir normas más estrictas
	NOx	No hay diferenciación	No hay diferenciación	Los gobiernos centrales pero las prefecturas pueden introducir normas más estrictas
	SOx	No hay diferenciación (véase la diferencia geográfica)	Valores K más bajos (más estrictos) para las nuevas plantas en zonas específicas (28 zonas)	El Gobierno fija el valor K
Límites totales	SOx	Si	Aplicable sólo a las plantas de las zonas especificadas (24 zonas)	Prefecturas basadas en planes de reducción de emisiones
	NOx	No hay diferenciación	Aplicable sólo a las plantas de las zonas especificadas (3 zonas)	Prefecturas basadas en planes de reducción de emisiones

#### Dos herramientas importantes son los impuestos y los subsidios:

- **Impuestos:** impuestos sobre las emisiones de SOx que, sin embargo, a menudo se considera más como un “instrumento de responsabilidad ambiental”. El objetivo principal de este es asegurar la financiación para compensar a los afectados por enfermedades causadas por la contaminación del aire. Según la OECD (2020) esta estructura afecta los incentivos para reducir las emisiones tanto para las empresas nuevas como para las existentes, ya que existe la problemática de garantizar que los contaminadores internalicen las externalidades ambientales de sus opciones de producción.

- **Subsidios:** Actualmente, hay pocos incentivos disponibles para las empresas para la instalación de equipos de reducción de la contaminación. El instrumento principal consiste en préstamos subsidiados proporcionados por Japan Finance Corporation (JFC). Se ofrecen a las empresas que realizan inversiones relacionadas con el medio ambiente y la energía, con un enfoque específico en las PYME.

La siguiente gráfica explica tanto límites de distintas sustancias relevantes como los métodos para medirlas:

**Tabla 8.** Estándares de calidad ambiental en Japón.  
Adaptado de Ministry of the Environment Government (s.f.).

Sustancia	Condiciones ambientales	Método de medición
Dióxido de azufre	El promedio diario de los valores por hora no deberá exceder de 0.04 ppm, y los valores por hora no deberán exceder de 0.1 ppm	Método conductométrico o método de fluorescencia ultravioleta.
Monóxido de carbono	El promedio diario de los valores por hora no deberá exceder de 10 ppm, y el promedio de los valores por hora para cualquier período consecutivo de ocho horas no deberá exceder de 20 ppm	Método analizador infrarrojo no dispersivo
Partículas suspendidas	El promedio diario de los valores por hora no deberá exceder de 0.10 mg / m <sup>3</sup> , y los valores por hora no deberán exceder de 0.20 mg / m <sup>3</sup>	Métodos de medición de concentración de peso basados en recolección de filtración o método de dispersión de luz; o método de microbalance piezoeléctrico; o método de atenuación de rayos que produce valores que tienen una relación lineal con los valores de los métodos anteriores
Dioxido de nitrogeno	El promedio diario de los valores por hora debe estar dentro de la zona de 0.04-0.06 ppm o menos	Colorimetría empleando reactivo de Saltzman (con un coeficiente de Saltzman de 0,84) o método quimioluminiscente utilizando ozono
Oxidantes fotoquímicos	Los valores por hora no deben exceder 0.06 ppm	Espectrofotometría de absorción utilizando una solución neutra de yoduro de potasio; coulometría; espectrometría de absorción ultravioleta; o método quimioluminiscente
Materia de partículas finas (PM2.5)	El estándar anual para PM2.5 es menor o igual a 15.0 µg / m <sup>3</sup> . El estándar de 24 horas, que significa los valores anuales del percentil 98 en los sitios de monitoreo designados en un área, es menor o igual a 35 µg / m <sup>3</sup> .	Medición de masa con recolección de muestra de filtro que se designa como método de referencia, o métodos automáticos alternativos, designados como métodos equivalentes, que tienen un rendimiento de medición comparable al método de referencia correspondiente.



WEB



TW



DIR



### 4.6. Caso 6: Japón

Finalmente, se están realizando investigaciones en Biotecnología: La Universidad de la Ciudad de Osaka anunció el 25 de abril de 2018 que logró desarrollar un nuevo sistema de células de biocombustibles con las funciones de una célula solar y la capacidad de conversión de dióxido de carbono (Japón por la Sostenibilidad, 2018).



#### RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS

Este país presenta uno de los PIB menos intensivos en contaminación entre los miembros de la OCDE y los niveles de emisión de los principales contaminantes se han desvinculado de la actividad económica. Los niveles per cápita también se encuentran entre los más bajos entre los países de la OCDE. Por ejemplo, Japón registró la emisión per cápita más baja de monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles (COV), mientras que las emisiones per cápita de NOx son las terceras más bajas entre los países de la OCDE (OECD, 2020).

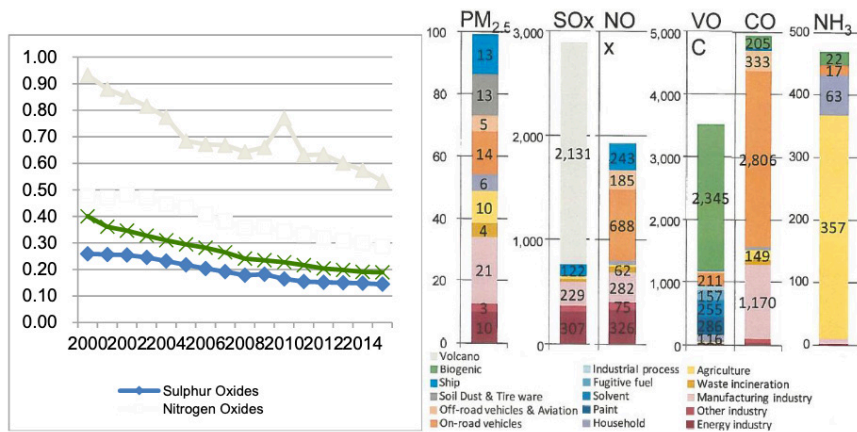


Fig 18. Emisiones totales por unidad de PIB (Kilogramos por 1000 dólares) y emisiones totales por sector a la derecha. Adaptado de OECD (2020)



WEB



TW



DIR





## 4.7. Caso 7: Estados Unidos



### DEFINICIÓN DEL CASO

Según Sullivan et al. (2018) en los Estados Unidos, la calidad del aire y el agua dulce ha mejorado enormemente, principalmente en respuesta a las Actas de Aire Limpio y Agua Limpia promulgadas hace casi medio siglo. Recientemente hemos observado disminuciones en la contaminación del aire atribuibles a políticas que han sido informadas por el monitoreo ambiental y la investigación. Entre los ejemplos de mitigación de polución encontramos: disminución de la contaminación por plomo debido a la eliminación del tetraetilo de la gasolina, la disminución del ozono a nivel del suelo (troposférico), la mejora de la visibilidad y la salud humana debido a la reducción de partículas en el aire, la disminución de la deposición atmosférica de azufre y nitrógeno que acidifica el medio ambiente, y disminución en niveles de mercurio tóxico. Estos cambios se han dado a lo largo de todo el país (con un nivel relativamente desigual) mediante decisiones políticas basadas en evidencia.



El Programa Nacional de Deposición Atmosférica es un ejemplo de monitoreo ambiental de alta calidad que informa la toma de decisiones basada en evidencia. Este programa, y otros, se establecieron en respuesta a la promulgación y los requisitos de las Actas de Aire Limpio que incluye 270 ubicaciones de monitoreo de deposición húmeda (es el lavado tanto de la fase de vapor como de las sustancias químicas unidas a las partículas durante la precipitación (pero también puede ocurrir durante la formación de rocío, nieblas y niebla), lo que dependerá del coeficiente de partición aire-agua (KAW) y la eficiencia de eliminación de partículas de la precipitación) en los Estados Unidos (Barber et al., 2004). Las tendencias de la química de precipitación multidecadal en un ejemplo del sitio de monitoreo de lagos de Adirondack Mountain, Nueva York que se ha utilizado para la investigación sobre los efectos de la deposición ácida, han mostrado marcadas disminuciones en la deposición de azufre y nitrógeno en respuesta a las disminuciones en el dióxido de azufre y emisiones de óxido de nitrógeno. La deposición en seco de contaminantes del aire es más difícil de medir, y a menudo se estima a partir de modelos basados en la calidad del aire monitoreada y los parámetros ambientales. La deposición total estimada de azufre y nitrógeno, tanto húmeda como seca, ha disminuido en más de la mitad en gran parte del este de los Estados Unidos desde que comenzó el monitoreo en la década de 1970 (Sullivan et al., 2018).



Bandera de Estados Unidos

En lo referente a sensores, los sensores de monitoreo de bajo costo, portátiles y generalmente más fáciles de operar que los monitores de grado reglamentario se usan ampliamente en los Estados Unidos para comprender la calidad del aire (EPA, s.f. a).



### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Estados Unidos, cuya superficie es de 9.831.510 Km<sup>2</sup>, es uno de los países más grandes del mundo. Cuenta con una población de 327.352.000 personas, y tiene 33 habitantes por Km<sup>2</sup> (Datos macro, s.f.).



### ELEMENTOS SIMILARES A LOS DEFINIDOS EN LA OPORTUNIDAD

Si bien los cambios en la tecnología y la economía contribuyen a estas tendencias, las reducciones en la contaminación por azufre y nitrógeno se han atribuido principalmente a los controles de emisiones asociados con la Ley de Aire Limpio (Sullivan et al. 2018). Mantener un monitoreo crítico a largo plazo y la investigación asociada seguirán siendo fundamentales para desarrollar evaluaciones y decisiones informadas que definan políticas rentables para el siglo XXI.

La EPA y los estados realizan modelos de calidad del aire para proyectar niveles futuros de contaminación del aire en función de los cambios anticipados en las emisiones. La evaluación de riesgos se utiliza para cuantificar los riesgos de cáncer y otros efectos de contaminantes atmosféricos peligrosos, así como los riesgos no cancerígenos de contaminantes comunes. La EPA realiza análisis de costo-beneficio para comparar los costos y beneficios para la sociedad de los enfoques reguladores alternativos.



WEB



TW



DIR

## 4.7. Caso 7: Estados Unidos



### CARACTERIZACIÓN (COMO SE GENERÓ, SE MANIFESTÓ Y SE ATENDIÓ)

Se han producido disminuciones pronunciadas en las emisiones y la deposición atmosférica de contaminantes de azufre y óxido de nitrógeno desde la década de 1970, especialmente en todo el este de los Estados Unidos, aunque se han observado daños heredados. Algunos contaminantes no se capturan fácilmente, y la recuperación química puede llevar muchas décadas o más. Las formas de azufre y nitrógeno de la contaminación del aire acidificante son típicamente más bajas en los estados del oeste, con notables excepciones donde las emisiones de nitrógeno y el ozono troposférico asociado permanecen altos, como en partes del sur de California. Los mayores impactos de la contaminación del aire en el este de los Estados Unidos están impulsados, en parte, por la densidad de la población humana y el uso de combustibles fósiles para energía y transporte en los estados del este y medio oeste y la dirección dominante de oeste a este de los vientos predominantes en todo el continente (Sullivan et al. 2018).

Las emisiones de azufre, principalmente de las centrales eléctricas que queman carbón, y el nitrógeno oxidado, que se originan principalmente de los vehículos de motor y las centrales eléctricas, han disminuido de manera continua en los Estados Unidos en las últimas décadas. Si bien los cambios en tecnología y economía contribuyen a estas tendencias, las reducciones en la contaminación por azufre y nitrógeno se han atribuido principalmente a los controles asociados con la Ley de Aire Limpio (Sullivan et al. 2018). Mantener un monitoreo crítico a largo plazo y la investigación asociada seguirán siendo fundamentales para desarrollar evaluaciones y decisiones informadas que definan políticas rentables para el siglo XXI.

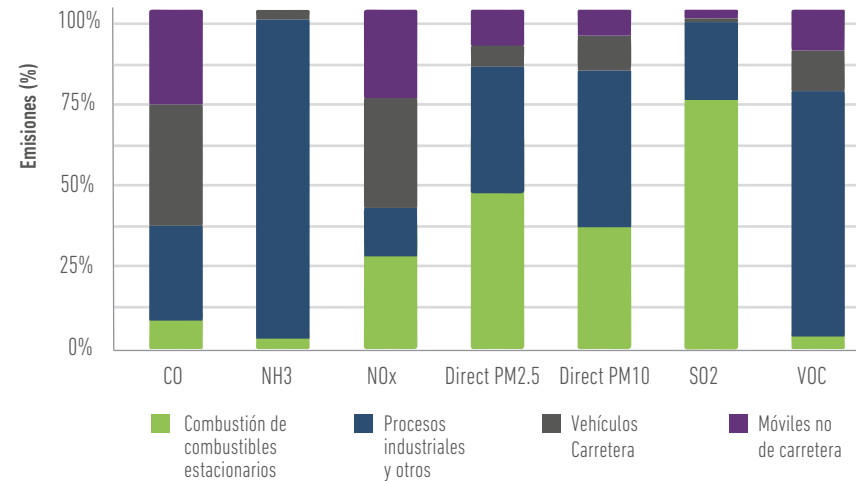


Fig 19. Emisiones nacionales por categoría de origen. Adaptado de: EPA (2019).

Según EPA (s.f. e) La Ley de Aire Limpio requiere que la EPA establezca estándares nacionales de calidad del aire para contaminantes comunes basados únicamente en la protección de la salud pública y el bienestar. Además, la Ley requiere que los estados o la EPA (según el programa) establezcan estándares o límites de emisiones para las fuentes de contaminación del aire, como plantas de energía, instalaciones industriales o vehículos de motor. Estas normas de emisiones pueden diseñarse para controlar contaminantes comunes, contaminantes tóxicos o contaminación por gases de efecto invernadero.

En la mayoría de los casos, la Ley exige que se establezcan estándares de emisiones basados en datos relacionados con el desempeño de las emisiones y el costo de las tecnologías disponibles. De esta manera, la factibilidad técnica y las consideraciones de costos se tienen en cuenta cuando se regulan las fuentes de contaminación. La OECD (2019) señala que Estados Unidos para el año 2018 tuvo un PIB per cápita (a precios constantes y ppp constante) \$US 62.639.



WEB  
TW  
DIR



## 4.7. Caso 7: Estados Unidos



### ACTORES IMPLICADOS (DIRECTOS E INDIRECTOS Y SU DESCRIPCIÓN)

- **Gobierno:** Donde son relevantes tanto las iniciativas regulatorias nacionales y los ministerios asociados a estas, y las estatales (donde se destaca el caso de California por ejemplo: que ha mantenido durante más de 50 años una de las redes de monitoreo de aire más extensas del mundo, recolectando datos sobre una amplia gama de contaminantes), las locales y las tribales (California air resources board, s.f.).
- **Ciudadanos:** Transeúntes y usuarios de carros.
- **Universidades:** El Laboratorio Analítico Central (CAL por sus siglas en inglés), ubicado en Champaign, Illinois, en el campus de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign (UIUC por sus siglas en inglés), ha analizado y procesado datos sobre muestras de deposición húmeda para el Programa Nacional de Deposición Atmosférica (NADP por sus siglas en inglés) desde 1978.
- **Sector empresarial:** En este caso se trata de las empresas que generan contaminación y las que adoptan modelos verdes de producción.
- **Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés):** Su misión es proteger la salud humana y el medio ambiente (EPA, s.f.c.).



### HERRAMIENTAS USADAS PARA APROVECHAR LA OPORTUNIDAD

Para la EPA (s.f.f.) el Programa Nacional de Deposición Atmosférica es un ejemplo de monitoreo ambiental de alta calidad que informa la toma de decisiones basada en evidencia. Este programa, y otros, se establecieron en respuesta a la promulgación y los requisitos de la Ley de Aire Limpio. Incluye 270 ubicaciones de monitoreo de deposición húmeda en los Estados Unidos.

Uno de los primeros éxitos de reducción de la contaminación del aire en los Estados Unidos fue la eliminación de aditivos de combustible a base de plomo de la gasolina, lo que resultó en una disminución de > 95% en la concentración de plomo en el aire

La EPA y los estados realizan modelos de calidad del aire para proyectar niveles futuros de contaminación del aire en función de los cambios anticipados en las emisiones. La evaluación de riesgos se utiliza para cuantificar los riesgos de cáncer y otros efectos de contaminantes atmosféricos peligrosos, así como los riesgos no cancerígenos de contaminantes comunes. La EPA realiza análisis de costo-beneficio para comparar los costos y beneficios para la sociedad de los enfoques reguladores alternativos.

Límites estatales basados en el rendimiento y el costo de la tecnología: en virtud de la Ley, los Estados también establecen límites de emisiones para las fuentes de contaminación considerando el rendimiento y el costo de la tecnología. Los estados requieren controles “razonablemente disponibles” para las fuentes estacionarias existentes (por ejemplo, fábricas) para ayudar a cumplir y mantener los estándares de calidad del aire. Según algunas partes de la Ley, el Congreso autorizó normas que impulsan el desarrollo de la tecnología. Por ejemplo, en las disposiciones para los nuevos estándares de vehículos motorizados, el Congreso autorizó a la EPA a establecer niveles de rendimiento que, si bien no se pueden lograr de inmediato, se puede lograr en el futuro según la información disponible en la actualidad (EPA, s.f.e.).

Según la EPA (s.f.d.) se ha requerido reducciones dramáticas en las emisiones de los vehículos de motor nuevos y los motores que no son de carretera, como los que se usan en la construcción, la agricultura, la industria, los trenes y las embarcaciones marinas, a través de estándares que requieren una combinación de tecnologías de motores y combustibles más limpios.

La Ley exige que cuando se diseñen y construyan nuevas instalaciones industriales, un buen control de la contaminación debe ser parte del diseño. Esto significa que a medida que se construyen nuevas instalaciones más limpias, la base industrial del país se vuelve más limpia en general. La salud pública está protegida a medida que avanza el crecimiento económico. En áreas que no cumplen con los estándares de calidad del aire, para evitar empeorar la contaminación, las plantas y fábricas grandes nuevas y modificadas deben cumplir con la tasa de emisión más baja posible y obtener reducciones de emisiones compensatorias de otras fuentes.



WEB



TW



DIR



## 4.7. Caso 7: Estados Unidos

En áreas que cumplen con los estándares de calidad del aire, las plantas y fábricas grandes nuevas y modificadas deben aplicar la mejor tecnología disponible teniendo en cuenta el costo y evitar causar una degradación significativa de la calidad del aire o la visibilidad en los parques nacionales.

Un sistema nacional de derechos de contaminación comercializables ha reducido drásticamente las emisiones de dióxido de azufre de las centrales eléctricas, reduciendo la lluvia ácida, así como la formación secundaria de contaminación por partículas finas que contribuye a la muerte prematura.

De conformidad con el Protocolo de Montreal, la Ley de Aire Limpio requiere que la EPA desarrolle e implemente regulaciones para el manejo responsable de las sustancias que agotan el ozono en los Estados Unidos para ayudar a restaurar la capa de ozono.

Los catalizadores, los depuradores y las pinturas y recubrimientos con bajo contenido de VOC son parte de una larga lista de tecnologías que no se conocían en 1970, pero que están probadas y ampliamente implementadas en la actualidad. Ejemplos incluyen:

- Reducción catalítica selectiva (SCR) y quemadores ultra bajos de NOx para emisiones de NOx
- Depuradores que alcanzan un 95% e incluso mayor control de SO2 en calderas
- Nuevos sofisticados sellos de válvulas y equipos de detección de fugas, incluidas cámaras que pueden ver fugas, para refinerías y planes químicos
- Pinturas con bajo o cero VOC, productos de consumo y procesos de limpieza.
- Aires acondicionados libres de clorofluorocarbono (CFC) e hidro cloro fluoro carbonos (HCFC), refrigeradores, aerosoles y solventes de limpieza.
- Recubrimientos a base de agua y polvo para reemplazar las formulaciones a base de petróleo.
- Vehículos mucho más limpios de lo que se creía posible a fines de la década de 1980 debido a las mejoras en los controles de evaporación, el diseño del catalizador y los sistemas de control de combustible para vehículos ligeros; y dispositivos de tratamiento y tecnologías de retroadaptación para motores de servicio pesado.

- Tecnologías de reducción de ralenti para motores, incluidos los esfuerzos de electrificación de parada de camiones
- Penetración en el mercado de vehículos híbridos gas-eléctricos y combustibles limpios.
- Uso rutinario de tecnología de monitoreo continuo que proporciona datos más rápidamente.
- Monitores de multi contaminantes que nos ayudan a comprender mejor la naturaleza compleja de la contaminación del aire.

Entre los modelos matemáticos relevantes a este caso encontramos los siguientes: Modelos / herramientas de análisis de costos; Modelos / herramientas de análisis económico; Modelos / herramientas de análisis de beneficios (EPA, s.f.b.) y Modelos de calidad del aire (EPA, 2016).



WEB



TW



DIR

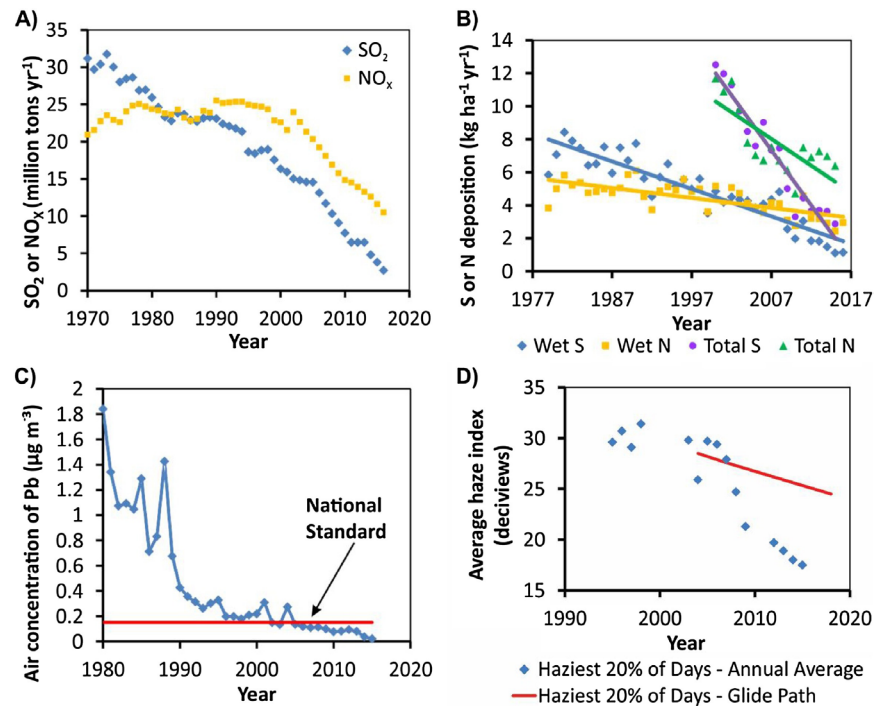


## 4.7. Caso 7: Estados Unidos



### RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS

La siguiente gráfica muestra información del documento de Sullivan et al. (2018):

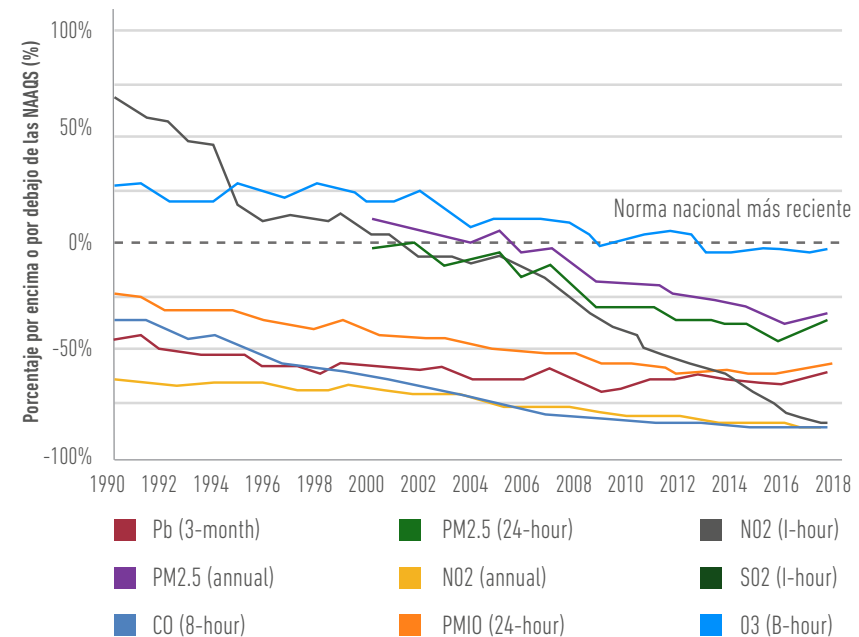


**Fig 20.** Concentraciones en el tiempo de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, Depositiones húmedas de azufre y nitrógeno, concentración de plomo e índice de turbidez. Adaptado de Sullivan et al. (2018)

- A. Emisiones nacionales de nitrógeno oxidado (NO<sub>x</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en todo EE. UU. Del Inventario Nacional de Emisiones de la EPA de EE. UU.
- B. Depositione húmeda anual de azufre (S) y nitrógeno (N) desde 1979, medida por el Programa Nacional de Depositione Atmosférica en Huntington Forest, Nueva York y depositione total (húmeda más seca) estimada por Schwede y Lear (2014) desde 2000 en Big Moose Lake, Nueva York.

- C. Concentración media de plomo en el aire (Pb) medida en ocho sitios de monitoreo de los Estados Unidos desde 1980 hasta 2015. Los datos son promedios anuales máximos de 3 meses de la US EPA (<https://www.epa.gov/air-trends/lead-tendencias>).
- D. Índice anual promedio de turbidez en el 20% de los días más turbios en Shining Rock Wilderness, Carolina del Norte, desde 1995, más la trayectoria de planeo de mejora continua necesaria para cumplir con el requisito de la Norma Regional de turbidez de cero turbidez causada por humanos para el año 2064.

Luego, la siguiente gráfica muestra las tendencias en el tiempo de distintos contaminantes donde se evidencia que la gran mayoría han tenido una tendencia decreciente en el tiempo (las que no mantienen una tendencia relativamente estable):




**Fig 21.** Emisiones decrecientes nacionales por tipo de contaminante (1990-2018). Adaptado de EPA (2018)






## 4.8. Conclusiones sobre los casos

### 4.8.1. Casos de aplicación de la temática

 <b>LONDRES</b>	
Tecnología	Beneficio
<b>Tecnologías para monitoreo</b>	Método para medir el dióxido de nitrógeno con un analizador continuo; se complementan con los análisis de los tubos de difusión. El uso de los tubos y sus datos, sirven para comparar niveles con el límite medio anual, revelar tendencias a largo plazo y detectar puntos críticos.
<b>Vehículos eléctricos</b>	Mediante la reducción de flota se disminuyen las emisiones en la ciudad (por ejemplo mediante reducción del tamaño de la flota y la compra de vehículos más nuevos y limpios).
<b>Tecnologías sin combustión y límites de emisión</b>	Fomenta la calidad del aire. Nuevos desarrollos que no tienen un impacto negativo en la calidad del aire local. Emisiones reducidas de los edificios.

 <b>MADRID</b>	
Tecnología	Beneficio
<b>Vehículos bajos en emisiones</b>	Mejoras en la Calidad del aire y la promoción de la movilidad sostenible
<b>Laser pollutrack: Sensores instalados en vehículos de reparto</b>	Esta tecnología proporciona una herramienta de evaluación y medición de la contaminación atmosférica que permite informar sobre el nivel de polución por estas partículas a nivel de calle

 <b>BEIJING</b>	
Tecnología	Beneficio
<b>Generación de red integrada de monitoreo de la calidad del aire</b>	Esta se combina con tecnologías avanzadas como la teledetección satelital de alta resolución y el radar láser. Permite publicaciones de informes y pronósticos diarios de la calidad del aire, y mejora el monitoreo.
<b>Sensores inteligentes</b>	Junto con Big Data, se desarrollaron sensores inteligentes, y un nuevo modelo de operación de red y control de calidad. Asimismo, se construyó un sistema de monitoreo de red de bajo costo y alta densidad, el cual identifica con precisión las áreas y períodos de tiempo con altas emisiones de PM2.5.
<b>Medidas de conversión</b>	Fueron implementadas medidas de conversión del uso de carbón a gas natural, electricidad y otras alternativas de energía limpia y de alta calidad, para controlar la contaminación de la combustión del carbón.
<b>Energía térmica</b>	Se lograron aprovechar las posibles reducciones de emisiones e impulsar la reducción de la contaminación del aire de las centrales eléctricas.
<b>Tecnologías de control del polvo</b>	Los nuevos métodos para "absorber, barrer, fregar y recoger" el polvo de las carreteras han cubierto más del 88% de las carreteras de la ciudad.
<b>Gas natural comprimido</b>	Se evidenció reducción de las emisiones de CO y THC.

 **Sydney**

Tecnología	Beneficio
<b>Energías limpias Farolas led de bajo consumo</b>	Permiten una mayor eficiencia energética: Al reequipar 45 de los edificios principales, se redujeron sus emisiones en un 25%; y reemplazando 6,604 luces de calles y parques propiedad de la ciudad de con LED se redujeron sus emisiones en un 40%.
<b>Modelo Hysplit: Pronostica el camino probable que seguira contaminación del aire</b>	Identifica áreas que pueden verse afectadas por el humo de quemaduras o incidentes industriales.

 **COPENHAGUE**

Tecnología	Beneficio
<b>Tecnologías para monitoreo</b>	Más del 80% de los óxidos de nitrógeno (NOX) en el escape puede eliminarse en un sistema SCR (SCR: reducción catalítica selectiva).
<b>Vehículos eléctricos</b>	Los autos logran medir óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO2), partículas (PM 2.5, PM 10), partículas ultrafinas (PM 0.1 ) y carbono negro,y brindan apoyo a las mediciones actuales de NOx y partículas.
<b>Tecnologías sin combustión y límites de emisión</b>	Es una herramienta económica, y brinda información más detallada de la calidad del aire en la ciudad.


 **JAPÓN**

Tecnología	Beneficio
<b>Método de monitoreo: Sistema de Observación Ambiental Regional atmosférica</b>	El sistema de alertas tempranas y las subsecuentes acciones asociadas a esta en el sistema “Soramame-Kun”, que combina restricciones a civiles y empresas puede servir de ejemplo a otras ciudades.
<b>Métodos de medición:</b>	Métodos específicos para medir sustancias: Permiten un mayor entendimiento de las sustancias contaminantes
<b>Biotecnología</b>	Permitirá nuevas formas de biocombustibles y posiblemente constituirá una alternativa de mitigación

 **ESTADOS UNIDOS**


Tecnología	Beneficio
<b>Métodos de Monitoreo</b>	El Programa Nacional de Deposición Atmosférica es un ejemplo de monitoreo ambiental de alta calidad que informa la toma de decisiones basada en evidencia. Incluye 270 ubicaciones de monitoreo de deposición húmeda.
<b>Tecnologías limpias</b>	Reducción catalítica selectiva (SCR) y quemadores ultra bajos de NOx para emisiones de NOx; Depuradores (Scrubbers) que alcanzan un 95% de control de SO2 en calderas; Nuevos sofisticados sellos de válvula y equipos de detección de fugas para refinerías y planes químicos; Pinturas con cero VOC; Recubrimientos a base de agua y polvo para reemplazar las formulaciones a base de petróleo; Vehículos más limpios debido a las mejoras en los controles de evaporación y el diseño del catalizador, y dispositivos de tratamiento de retroadaptación para motores de servicio pesado; Vehículos híbridos de gas y electricidad y combustibles limpios.

## 4.8.2. Actores principales

 <b>LONDRES</b>	
Tecnología	Beneficio
<b>Estado</b>	La Corporación de la Ciudad de Londres: Tiene la obligación legal de tomar una amplia gama de medidas para mejorar la calidad del aire y proteger la salud pública.
<b>Universidad</b>	Red de Calidad del Aire de Londres: Se formó en 1993 para coordinar y mejorar el monitoreo de la contaminación del aire en Londres.
<b>Organismos multilaterales</b>	Departamento para el medio ambiente, la alimentación y asuntos rurales: Departamento responsable de salvaguardar el medio ambiente natural, apoyar la industria alimentaria y agrícola y sostener una economía rural próspera.

 <b>BEIJING</b>	
Tecnología	Beneficio
<b>Estado</b>	Oficina Municipal de Ecología y Medio Ambiente de Beijing: Directamente afiliada al Gobierno Municipal, está a cargo del trabajo de protección ambiental de la ciudad.
<b>Universidad</b>	Universidad de Tsinghua: Desde que China se abrió al mundo en 1978, la universidad se ha convertido en una universidad de investigación integral. En suma, participó en el estudio de la ONU sobre la calidad del aire en Beijing.
<b>Organismos multilaterales</b>	Naciones Unidas: Encargado de revisar los avances y planes de la ciudad, verificar que cumpla estándares internacionales.

 <b>MADRID</b>	
Tecnología	Beneficio
<b>Estado</b>	Gobierno/Ayuntamiento de Madrid: el cual sensibiliza y reglamenta a las empresas y a los ciudadanos. Su plan de calidad del aire (Plan A) fue aprobado en Junta de Gobierno en septiembre de 2017. Luego, Madrid 360 es la estrategia para cumplir con los objetivos de calidad de aire de la UE.
<b>Universidad</b>	Universidad Politécnica de Madrid: Cuenta con doble sello de Campus de Excelencia Internacional, una distinción que refrenda la calidad de su actividad docente e investigadora
<b>Organismos multilaterales</b>	La Coalición de Clima y Aire Limpio: Es un marco de trabajo internacional voluntario cuyo objetivo es la acción concreta y sustancial para acelerar los esfuerzos para reducir los Contaminantes Climáticos de Corta Vida. Grupo de Liderazgo Climático de Ciudades C40: Es la red de grandes ciudades de todo el mundo dirigida a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

 <b>ESTADOS UNIDOS</b>	
Tecnología	Beneficio
<b>Estado</b>	Estado de California: Ha mantenido durante más de 50 años una de las redes de monitoreo de aire más extensas del mundo, recolectando datos sobre una amplia gama de contaminantes), locales y tribales. Agencia de Protección Ambiental: Su misión es proteger la salud humana y el medio ambiente.
<b>Universidad</b>	El Laboratorio Analítico Central: Ubicado en Champaign, Illinois, en el campus de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, ha analizado y procesado datos sobre muestras de deposición húmeda para el Programa Nacional de Deposición Atmosférica desde 1978.



## Sydney

Tecnología	Beneficio
<p><b>Energías limpias</b> <b>Farolas led de bajo consumo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El Gobierno de Sydney: convirtió sus operaciones en la ciudad en carbono neutro desde 2007, y es el primer gobierno en Australia certificado como tal en 2011.</li> <li>▪ Consejo de Construcción Verde de Australia: Es una asociación de la industria sin fines de lucro que promueve la sostenibilidad en el entorno construido. Califican la sostenibilidad de los edificios, instalaciones y comunidades a través del único sistema de calificación nacional, voluntario y holístico de Australia (Green Star).</li> <li>▪ Departamento de Planificación, Industria y Medio Ambiente: reúne a especialistas en planificación urbana y regional, recursos naturales, industria, medio ambiente, patrimonio, viviendas aborígenes y sociales.</li> <li>▪ Transporte para NSW (New South Wales): Principal agencia de transporte público del gobierno, la cual gestiona el presupuesto para servicios de ferrocarril, autobús, ferry, carretera, marítimo y de taxis e infraestructura de transporte relacionada en NSW. Su función principal es construir infraestructura de transporte y administrar los servicios de transporte en Nueva Gales del Sur.</li> <li>▪ Grupo de Medio Ambiente, Energía y Ciencia: EES por sus siglas en inglés, forma parte del Departamento de Planificación, Industria y Medio Ambiente. El grupo tiene funciones como la gestión de parques nacionales, la biodiversidad y la conservación, el cambio climático, la sostenibilidad, la resiliencia y la adaptación, las energías renovables y la seguridad energética, la gestión de residuos y la recuperación de recursos, y la protección del medio ambiente y la regulación de la seguridad de las minas.</li> <li>▪ La Asociación de Mejores Edificios: Alianza líder de propietarios, administradores y personas que desempeñan un papel clave en el rendimiento y la sostenibilidad de los edificios existentes en Sydney.</li> </ul>



## JAPÓN

Tecnología	Beneficio
<p><b>Estado</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gobierno Metropolitano de Tokio: establece políticas y metas como la de cero días con alertas de smog fotoquímico para el año fiscal 2020.</li> <li>▪ Ministerio de medio ambiente: Es el ministerio encargado de temas y políticas relacionadas al medio ambiente en Japón.</li> <li>▪ Ministerio de Economía, comercio e industria (METI por sus siglas en inglés): Elabora el Plan Básico de Energía que establece los objetivos para la penetración de vehículos limpios, así como para la generación de energía renovable.</li> <li>▪ Agencia de Restauración Ambiental y Conservación: Gestiona los programas para la prevención de la contaminación y la compensación de las personas con enfermedades relacionadas con la contaminación.</li> <li>▪ Ministerio de Tierra, Infraestructura, Transporte y Turismo: Publica la “Guía técnica de análisis de costo-beneficio para la evaluación de proyectos públicos”, en la que se incluyen una amplia gama de impactos ambientales y varios métodos de costeo.</li> </ul>
<p><b>Organismos multilaterales</b></p>	<p>Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE): es una organización internacional cuyo objetivo es dar forma a políticas que fomenten la prosperidad, la igualdad, las oportunidades y el bienestar.</p>


**COPENHAGUE**

Tecnología	Beneficio
Estado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Centro Danés para el Medio Ambiente y la Energía: Es la unidad central de la Universidad de Aarhus para el intercambio de conocimientos en las áreas de naturaleza, medio ambiente, clima y energía. Ofrece asesoramiento y soluciones basadas en la ciencia que ayudan a la ecologización de la economía y promueven el crecimiento sostenible a escala local, nacional e internacional.</li> <li>• La Agencia Danesa de Protección Ambiental: La Agencia está organizada en cinco centros: Centro para la Naturaleza Rica, Centro para el Agua Limpia, Centro para la Química Segura, Centro para la Producción Verde y Centro para el Personal.</li> <li>• El Programa Danés de Monitoreo de la Calidad del Aire: Hoy el programa forma parte del Programa Nacional de Monitoreo para el medio ambiente acuático y terrestre. El programa consiste en una red de monitoreo urbano con estaciones urbanas (en las cuatro ciudades más grandes) y dos estaciones de fondo en áreas rurales que se complementa con cálculos realizados a partir de modelos</li> </ul>
Organismos multilaterales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oficina Ambiental Europea: Es la red más grande de organizaciones de ciudadanos ambientales en Europa. Actualmente consta de más de 160 organizaciones miembros en más de 35 países.</li> <li>• Unión Europea (UE): Se ha fijado el objetivo de alcanzar niveles de calidad del aire que no den lugar a impactos negativos significativos en la salud humana y el medio ambiente. Desde principios de 1970, la UE ha buscado mejorar la calidad del aire controlando las emisiones de sustancias nocivas, mejorando la calidad del combustible e integrando los requisitos de protección ambiental en los sectores de transporte y energía.</li> </ul>



The background is a dark blue, semi-transparent image of a desk. On the desk, there are several sheets of paper with faint text and a bar chart. A pair of black-rimmed glasses is resting on the papers in the upper left quadrant. A pen is visible in the lower right quadrant. The overall aesthetic is professional and academic.

# 05

## IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE SUBTEMAS

## 5. IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE SUBTEMAS

Una vez identificados los elementos constitutivos de las áreas de oportunidad, así como los casos de estudio y redes utilizadas para generarlos, se condensó la información en un grupo de subtemas, fases o componentes de la oportunidad.

De esta forma, partiendo de estos resultados, se consultó con expertos locales en la temática para profundizar en cuáles podrían ser aquellas tecnologías más prometedoras teniendo en cuenta las ventajas que puede ofrecer su implementación además de las condiciones locales. De esta forma, se seleccionaron 2 tecnologías a profundizar, de las que se presentará mayor información en el presente capítulo.

En este sentido, y como resultado del taller realizado con expertos, se seleccionaron las tecnologías End of Pipe y Movilidad eléctrica, como aquellas que tienen mayor potencial de influir o generar resultados positivos para la ciudad en el marco de la problemática desencadenante.

Para cada una de las tecnologías, se presentará una definición y relación con la problemática desencadenante, además de profundizar en su estado actual en cuanto a I+D+i y habilidades relacionadas, esto desde el punto de vista de un análisis de producción científica relacionadas con publicaciones (cubriendo el componente Investigación), análisis de desarrollo tecnológico asociado con Patentes (cubriendo el componente Desarrollo), una revisión de la dinámica empresarial en cuanto a creación y financiación de empresas con énfasis en la temática (cubriendo el componente Innovación) y, por último, una revisión de las habilidades asociadas con la temática desde el punto de vista de capacidades requeridas (duras y blandas), por las empresas, para la contratación de personal.

Es así como en los siguientes subcapítulos se puede encontrar la información de profundización de las temáticas seleccionadas.



### 5.1. Temática: End of pipe

#### 5.1.1. Definición del tema

Según He et al. (2017), para la protección de la calidad del aire, se han desarrollado y utilizado una serie de tecnologías de control de la contaminación del aire en la industria. El primero es, básicamente, minimizar la generación de contaminantes al inicio de los procesos industriales; el segundo enfoque es la transformación o destrucción química después de que los contaminantes ya se han formado, el cual consiste en convertir los contaminantes en elementos menos (o cero) reactivos o inofensivos. Una serie de métodos para controlar los COV (componente orgánico volátil) a través de la oxidación térmica / catalítica se basan en este principio; también se tiene la captura o separación, que elimina los contaminantes de los gases de escape antes de ser emitidos a la atmósfera, como las tecnologías de absorción y adsorción.

En este caso, el interés de este informe son las tecnologías catalogadas como End of Pipe, que según GGT DT (s.f.) son métodos utilizados para eliminar contaminantes ya formados desde distintas fuentes, y se denominan “al final de tubería” ya que normalmente se implementan como una última etapa de un proceso antes de que se elimine o entregue la secuencia.

Un ejemplo de este tipo de tecnologías son los precipitadores electrostáticos (lanzada en el 2014), que se usa para la eliminación de partículas finas que se instalan en el tubo de escape entre la pequeña planta de combustión para combustibles sólidos y la chimenea, o en la chimenea misma. Esta tecnología comprende de: el cartucho del filtro, el electrodo de alto voltaje con 15 a 20 kV y un sensor de temperatura. La tasa de precipitación de partículas en el banco de pruebas de una instalación de filtro de alta calidad es de entre 57% y 81% con un promedio de 73%. Se espera que se logre una reducción de hasta el 70% de las partículas durante períodos de operación más largos Amann et al. (2018). Este tipo de tecnologías se han usado generalmente para la contaminación proveniente de grandes fuentes, pero también se han hecho propuestas para adaptarlas en los vehículos, como en el trabajo de Kulkarni et al. (2019), en el cual indican sobre la reducción de los precipitadores electrostáticos en un dispositivo de retroadaptación que se puede utilizar para capturar las partículas de contaminación de los gases de escape de los motores de los automóviles utilizando el principio de precipitación electrostática.

Otra de las tecnologías end of pipe es la de convertidores catalíticos, que según LibroText (2020), se utiliza en los sistemas de escape de los vehículos para proporcionar un sitio para la oxidación y reducción de subproductos tóxicos del combustible en sustancias menos peligrosas. Esta tecnología se introdujo ampliamente por primera vez en los automóviles estadounidenses en 1975 debido a las regulaciones de la EPA para la reducción de emisiones tóxicas.

Por otro lado, entre los tipos de convertidores catalíticos resaltados por MECA (s.f.) se encuentran:

- **El convertidor de tres vías (TWC por sus siglas en inglés):** ha sido la principal tecnología de control de emisiones en vehículos ligeros que funcionan a gasolina desde principios de 1980. El uso de este, junto con un sistema de suministro de combustible de circuito cerrado basado en sensores de oxígeno, permite la conversión simultánea de contaminantes producidos durante la combustión de la gasolina en un motor de encendido por chispa.
- **Catalizador de oxidación diésel (DOC):** Consiste en un bote de acero inoxidable que contiene una estructura de panal llamada sustrato o soporte del catalizador. Las superficies interiores están recubiertas con metales catalíticos como platino o paladio. Su nombre se da porque el dispositivo convierte los contaminantes de los gases de escape en gases inofensivos mediante oxidación química.
- **Sistema de reducción catalítica selectiva (SCR por sus siglas en inglés):** utiliza un sustrato catalizador con revestimiento de lavado metálico o cerámico y un reductor químico para convertir los óxidos de nitrógeno en nitrógeno molecular y oxígeno en corrientes de escape ricas en oxígeno. En aplicaciones de fuentes móviles, una solución acuosa de urea suele ser el reductor preferido.
- **Catalizador de NOx (LNC por sus siglas de inglés):** Algunos inyectan una pequeña cantidad de combustible diesel u otro reductor en los gases de escape aguas arriba del catalizador. El combustible u otro hidrocarburo reductor sirve como agente reductor para la conversión catalítica de NOx en N<sub>2</sub>; otros sistemas operan pasivamente sin ningún reductor agregado a tasas de conversión de NOx reducidas. Un catalizador pobre de NOx a menudo incluye un material poroso hecho de zeolita (un material microporoso con una estructura de canal muy ordenada), junto con un catalizador de metal precioso o de metal base.

- **Trampa magra de NOx:** Funcionan atrapando el NOx en forma de nitrato metálico durante el funcionamiento magro del motor. El compuesto más común utilizado para capturar NOx es el hidróxido de bario o el carbonato de bario. Bajo una operación magra de aire a combustible, el NOx reacciona para formar NO2 sobre un catalizador de platino seguido de una reacción con el compuesto de bario para formar BaNO3.
- **Filtro de partículas Diesel:** Los filtros de partículas diésel eliminan las partículas que se encuentran en los gases de escape diésel. Suelen estar fabricados con materiales cerámicos como cordierita, titanato de aluminio, mullita o carburo de silicio. La base para el diseño de los filtros de flujo de pared es una estructura de panal con canales alternativos tapados en extremos opuestos. Es importante tomar en cuenta que un filtro puede llenarse con el tiempo, y es necesario tomar en cuenta las formas para eliminar estas partículas (entre las cuales se encuentran quemarlas o generar oxidación).

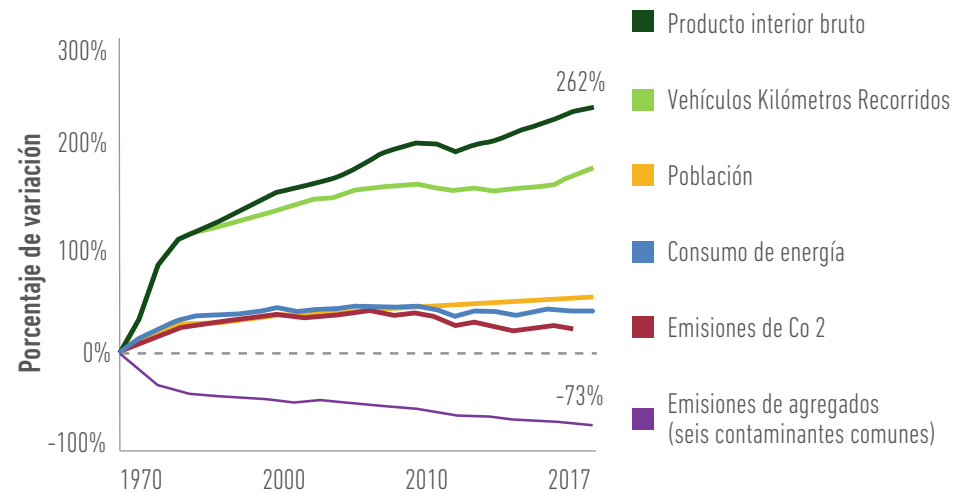
Finalmente, otros términos relevantes al control de las emisiones, definidos por He et al. (2017), son los siguientes:

- **Cyclone:** Es un dispositivo popular para la separación de partículas del aire, gas o líquidos.
- **Depuradores húmedos:** Usan una corriente descendente para eliminar las partículas sólidas de los gases de combustión.
- **Filtros de tela:** Es uno de los procesos más eficientes para la eliminación de partículas, y se usa principalmente en instalaciones industriales. Los más comunes son las bolsas cilíndricas largas que utilizan un medio filtrante compuesto de tela tejida o afieltrada.

### a. ¿Qué está pasando en el mundo respecto a la temática?

Como se nombró anteriormente, las tecnologías End Of Pipe son medidas implementadas para disminuir o eliminar la emisión de sustancias a la atmósfera, que puedan perjudicar la salud humana o inclusive el medio ambiente. Esta, describe un enfoque de control de la contaminación que remedia flujos de aire contaminados justo antes de que el efluente pueda entrar al medio ambiente.

En Estados Unidos, estas tecnologías se aplicaron por primera vez cuando se inició la Ley Clean Air Act en 1960 y han sido continuamente actualizadas para mantener el ritmo de las estrictas regulaciones ambientales como el estándar BACT (Best Available Control Technology) el cual exige a los productores de emisiones atmosféricas tomar medidas prácticas para evitar la liberación de contaminantes (Nestec, Inc., 2018).



**Fig 22.** Comparación de las zonas de crecimiento y la disminución de las emisiones 1970-2017 en EEUU. Adaptado de EPA (2018).

El gráfico anterior indica como en Estados Unidos entre 1970 y 2017, las emisiones de los seis contaminante más comunes (PM2,5 y PM10, SO2, NOx, COV, CO y Pb) se redujeron en un 73%, mientras su economía continuaba en crecimiento y la población y el uso de energía aumentaban (EPA, 2018). Esta reducción se dio gracias a Estándares Nacionales de Calidad del Aire ambiental (NAAQS por sus siglas en inglés) donde el objetivo es que todos los estados cumplieran con dicha normatividad; asimismo, la solución End Of Pipe ha proporcionado reducciones sustanciales en las emisiones del aire, sin embargo no siempre ha sido la opción más económica o la más eficiente (Nestec, Inc., 2018).

Por otro lado, en el siguiente gráfico el Banco Mundial (2018) indica las posibilidades de impacto de varias intervenciones de política en la calidad del aire local o en el cambio climático, mostrando en verde las posibilidades que tienen un impacto positivo en dicho nivel, y rojo las que tienen menor o nulo impacto. En este caso se destaca que la mayoría de tecnologías basadas en soluciones End Of Pipe impactan positivamente la calidad del aire local (especialmente en la salud), en contraste no se identifica siempre un impacto significativo el cambio climático. (Ver tabla contigua)

Se ha demostrado que el control tradicional de la contaminación que se basa en tecnologías End Of Pipe reduce las sustancias contaminantes, como en el caso del dióxido de azufre (SO2) y los óxidos de nitrógeno (NOx). Sin embargo, estas tecnologías también requieren el uso de materiales y fuentes de energía que pueden incrementar los impactos ambientales indirectos (como se cita en Panel Internacional de Recursos 2017a) . Por lo tanto, en el uso de estas tecnologías es importante tomar en cuenta elementos como la eficiencia energética.

**Tabla 9.** Sinergias y compensaciones entre intervenciones impulsadas por las agendas de calidad del aire y de cambio climático. Adaptado de: Banco Mundial (2018)

Resultados de las intervenciones políticas	Contaminación atmosférica local	Cambio climático
Cambio de combustible y modal (energía eólica, solar + transporte eléctrico)	Verde	Verde
Mayor eficiencia energética y de recursos	Verde	Verde
Cambios de comportamiento y estilo de vida (por ejemplo, dieta basada en plantas)	Verde	Verde
Gestión de residuos (incluida la quema al aire libre, el metano)	Verde	Verde
Agricultura ecológica, con poca ganadería (metano, amoníaco)	Verde	Verde
Soluciones basadas en la naturaleza	Verde	Verde
Reubicación de la fuente de contaminación	Verde	Verde
Aumento del reciclaje de residuos	Naranja	Naranja
Cambio de carbón a biomasa	Rojo	Verde
Cambio de petróleo/gas a biocombustibles	Rojo	Verde
La mayoría de las soluciones de final de tubería basadas en la tecnología, por ejemplo		
Desulfuración de gases de combustión	Verde	Rojo
Algunas tecnologías de reducción de NOx	Verde	Rojo
Cambio de motores diesel a gasolina	Verde	Rojo
Filtros de partículas para diésel	Verde	Rojo
Catalizadores de tres vías para coches de gasolina	Verde	Rojo

Hasta el año 2018<sup>08</sup> ,la aplicación en toda la Unión Europea de tecnologías End Of Pipe era limitada, principalmente debido a altos costos de inversión inicial, los gastos de limpieza y mantenimiento, la falta de espacio, las limitaciones de construcción, y la disponibilidad de Sistemas eficientes (Amann et al., 2018).

<sup>08</sup> International Resource Panel (2017a). IRP Information note to be submitted to UNEA3 (Forthcoming). Based on Saurat, M. and Bringezu, S. (2008). Platinum group metal flows of Europe, part 1. Journal of Industrial Ecology 12(5-6), 754-767.



Entre las críticas que se pueden encontrar a este tipo de mecanismos, está la realizada por la EPA (s.f.), que habla que los enfoques tradicionales al final de la tubería tienden a ser costosos y poco efectivos, e incluso transferir contaminación de un medio a otro.

En el caso de Hong Kong, según la Red de Aire Limpio (2017), incluso con las medidas directas de control de emisiones (o “end of pipe”), la calidad del aire en las carreteras no podría alcanzar el objetivo para 2020. Dado que las reducciones debidas a las medidas de “end-of-pipe” se verán compensadas por el crecimiento descontrolado del parque automotor.

Finalmente, en Taiwán se planea revisar o añadir 120 estatutos para tener un control minucioso bajo los principios de protección del medio ambiente y desarrollo sostenible. Dichos estatutos tienen por objeto reforzar la planificación para la mejora de la calidad del aire, el control de las fuentes de contaminación y la gestión intermedia, así como el tratamiento y la respuesta al End of Pipe (EPA, 2019).

En lo referente a los convertidores catalíticos en el mundo, según MarketsandMarkets (2019), se prevé que su mercado alcance los 73.100 miles de millones de dólares en 2025 a una tasa compuesta anual del 8,10%. Se proyecta que la región de Asia y Oceanía liderará el mercado de convertidores catalíticos durante el período de pronóstico debido a la mayor producción de vehículos en comparación con otras regiones como América del Norte y Europa. En suma, las regulaciones ambientales de cada país tendrán una gran influencia en el comportamiento futuro.

Por otra parte, las oportunidades en el mercado son definidas por esta consultora como el uso de nanopartículas para la reducción catalítica, sensores, y el adecuado reciclaje de estas partes. Otras temáticas relevantes a los convertidores catalíticos corresponde al reciclaje de los mismos, y el robo de estos en los autos.

Ello se da porque contienen metales preciosos como Paladio, Rodio y platino, que mediante determinados procedimientos pueden separarse y reusarse. Por ejemplo, en Londres ha habido un aumento en el robo de convertidores catalíticos de automóviles en el 2019, al pasar de 1674 en todo el 2018, a 2894 en los primeros seis meses del 2019, lo cual puede explicarse por aumentos en los precios de metales clave (BBC, 2019). Luego, en lo referente al reciclaje automotriz, se destaca que uno de los líderes, el Grupo Ecotrade está introduciendo elementos digitales al sector, como lo es una aplicación móvil, llamada Eco Cat, la cual está diseñada para dar acceso a los precios de mercado más actualizados del reciclaje de catalizadores de chatarra. Actualmente, esta aplicación móvil es el único software en el mercado abierto al público (PR Newswire, 2020).

En suma, la finalidad de las tecnologías end of pipe es la eliminación de contaminantes ya formados, y se usan tanto a nivel industrial como a nivel privado en los automóviles. Sus tipos dependen tanto del contaminante a controlar o desintoxicar, como de su aplicación. Estas tecnologías tienen una larga historia de aplicación desde la implementación de regulaciones ambientales para la protección de la calidad del aire. Su enfoque no ha cambiado mucho en el tiempo, ha cambiado principalmente las metodologías y los procesos químicos, ello basado en los nuevos avances de la ciencia. En general, son una de las tecnologías más implementadas dada su historia, a pesar de las barreras asociadas a los costos de las mismas, y los gastos de funcionamiento.

Las ventajas de las tecnologías end of pipe se pueden ver de la siguiente forma: su larga historia de implementación permite que tanto sus ventajas y desventajas sean relativamente más claras, y que exista un mercado ya establecido, y un marco de políticas relativamente definidas a nivel mundial (en distintas medidas); y en que han demostrado su capacidad para la reducción de contaminantes y gases tóxicos respecto a la calidad del aire de las ciudades.

## b. Cuáles son los actores principales relacionados

- **La Organización Mundial de la Salud (OMS):** La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a través de mejores opciones de transporte, agricultura y uso de energía da como resultado una mejor salud. Por lo tanto, el Acuerdo de París sobre el cambio climático es potencialmente uno de los acuerdos más importantes referentes a la salud en el siglo. La OMS apoya a los países en la evaluación de los beneficios para la salud que resultan de la implementación de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional existentes al Acuerdo de París (OMS, s.f.)
- **Grupo de Liderazgo Climático de Ciudades C40:** Es la red de grandes ciudades de todo el mundo dirigida a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Agencia de las Naciones Unidas, ONU-Hábitat:** Promueve pueblos y ciudades social y ambientalmente sostenibles. Es el centro de coordinación de todas las cuestiones relativas a la urbanización y los asentamientos humanos en el sistema de las Naciones Unidas.
- **Oficina Ambiental Europea:** Es la red más grande de organizaciones de ciudadanos ambientales en Europa. Actualmente consta de más de 160 organizaciones miembros en más de 35 países.
- **Unión Europea (UE):** Se ha fijado el objetivo de alcanzar niveles de calidad del aire que no den lugar a impactos negativos significativos en la salud humana y el medio ambiente. Desde principios de 1970, la UE ha buscado mejorar la calidad del aire controlando las emisiones de sustancias nocivas, mejorando la calidad del combustible e integrando los requisitos de protección ambiental en los sectores de transporte y energía.

Adicionalmente, algunos actores mencionados por el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (2017) son:

- **Coalición por el clima y el aire limpio:** Asociación voluntaria establecida en el 2012 de gobiernos, entes del sector privado, la sociedad civil y otras partes interesadas, comprometidas a lograr acciones concretas para acelerar los esfuerzos para reducir los contaminantes climáticos de corta duración. Adicionalmente, cuenta con un fondo fiduciario para financiar actividades iniciales y colectivas.
- **Iniciativa Global de Economía de Combustible (GFEI por sus siglas en inglés):** es la iniciativa líder en cambio climático y movilidad, la cual reúne a seis socios mundiales (incluyendo la sección de medio ambiente de las Naciones Unidas) para promover vehículos más limpios y eficientes. La Iniciativa ahora trabaja con 65 países y tiene como objetivo llegar a 100.
- **La Asociación para Combustibles y Vehículos Limpios:** es una asociación mundial público-privada que apoya a los países en la introducción de combustibles y vehículos más limpios. La Asociación se creó en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible en 2000 y ha encabezado un programa para eliminar gradualmente la gasolina con plomo.

Seguidamente, algunas empresas destacadas por Technavio (2017) que fabrican convertidores catalíticos son:

- **BASF:** Su portafolio va desde productos químicos, plásticos, productos de acabado y productos de protección de cultivos, hasta el petróleo y gas natural (BASF, 2020).
- **Cataler:** Su negocio se relaciona a la fabricación de Catalizadores automotrices (para motores de gasolina y diésel), Solución PGM, Materiales para catalizadores, Catalizadores para motores de celda de combustible, Catalizadores para motocicletas (panel metálico, tubería, multitubo), Soporte de catalizador de varios metales, Catalizadores para motores de uso general y otros tipos de vehículos, Catalizador para cogeneración de motores de gas, Catalizador desodorizante de oxidación para emisiones de fábrica, entre otros (Cataler Corporation, 2020).
- **Clariant:** Es una de las compañías líderes mundiales de químicos especiales. En suma, realizan tareas de investigación y desarrollo en tendencias actuales. Sus negocios están organizados en cuatro áreas comerciales: Care Chemicals, Recursos naturales, Catalizadores y Plastics & Coatings (Clariant, 2020).
- **Johnson Matthey:** Es un líder mundial en tecnologías sostenibles. Sus catalizadores detienen alrededor de 20 millones de toneladas de contaminantes en las carreteras cada año. En el mercado automotriz, uno de cada tres autos nuevos lleva un catalizador de control de emisiones de JM (Johnson Matthey, 2020)
- **Umicore:** Son un grupo global de reciclaje y tecnología de materiales. Sus materiales y servicios brindan soluciones sostenibles para la movilidad limpia y el reciclaje (Umicore, s.f.)

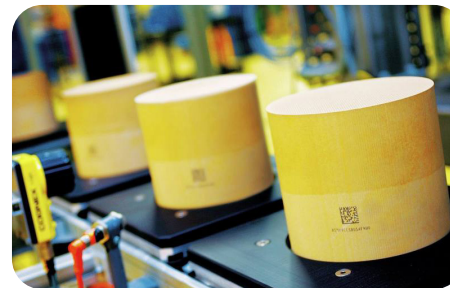
### 5.1.2. Tendencias en investigación

Teniendo en cuenta que estas tecnologías están en constante desarrollo, es importante conocer cuáles son aquellas temáticas en las que se profundiza, de esta forma es posible identificar posibles experiencias asociadas a nivel local, además de identificar aquellas instituciones e investigadores más referenciados para la temática. Es así como, a continuación, se realiza un barrido por las principales publicaciones científicas asociadas con las investigaciones top de la temática.

Desde una perspectiva de la base de datos de la plataforma Lens , en lo referente a los trabajos académicos, y tomando en cuenta las palabras clave presentadas a continuación, se obtienen las visualizaciones y conclusiones sobre los trabajos académicos contenidos en la misma:

**Palabras clave: End-of-pipe, Catalytic converter, Pollut\*,Air**

En este caso, ha realizar una búsqueda en el título, resumen, palabras clave y campo de estudio, con los términos mencionados anteriormente, la búsqueda arrojó 1.206 resultados



La dinámica de publicaciones en la materia, para los últimos 30 años se puede evidenciar en la siguiente gráfica, que presenta una dinámica creciente, aunque sostenida, en el marco temporal elegido.

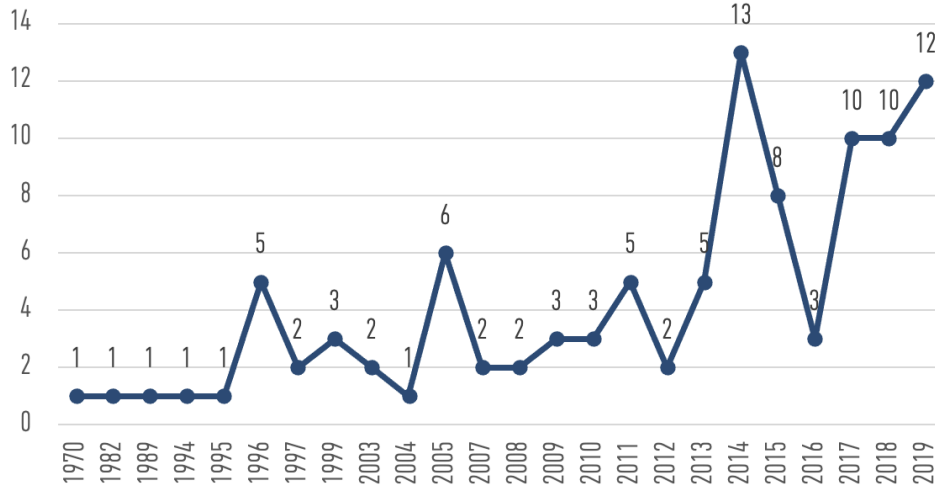


Fig 23. Dinámica de publicaciones relacionadas con sistemas End-of-pipe para control de polución del aire. Elaboración propia con datos Lens

Por otra parte, teniendo en cuenta las palabras clave más repetidas en los resultados identificados, se construye la siguiente nube de palabras:

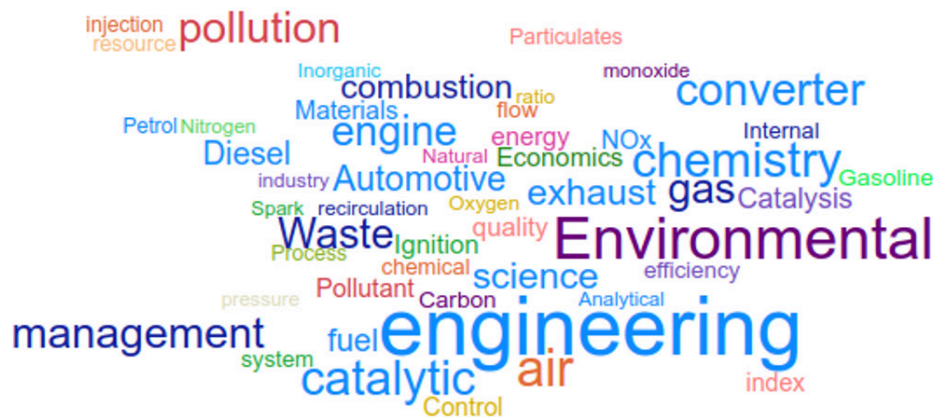


Fig 24. Mapa de temas claves a partir de la ecuación de búsqueda usada. Adaptado de: Lens.org (2020)

En el gráfico anterior se muestran los temas claves relacionados a la ecuación de búsqueda relacionada, donde se destacan: Contaminación del aire, ingeniería ambiental, contaminante, polución, ingeniería, e índice de calidad del aire. En suma, otras temáticas que son de interés o son posiblemente apalancadores de ciertas investigaciones son: protección ambiental, el gas NOx, economía y economía ambiental, China, gases de efecto invernadero y manejo de desechos.

Por otro lado, se encontraron que las instituciones más activas por número de documentos que se muestran en la siguiente gráfica, se destacan la Universidad de Tsinghua, Universidad Normal de Beijing y el Instituto Internacional para Análisis Aplicado de Sistemas. En general, una buena parte de las instituciones se encuentran en el continente asiático. En el caso de la primera institución, la Universidad de Tsinghua, tomando en cuenta el filtro temático inicial, trabaja principalmente los temas de: Contaminación del aire, contaminante y consumo de energía; y cuenta con autores relevantes como: Jiming Hao (por conteo único de citación) y Dan Tong (más activo, pero empatado con otros 7 autores).



Fig 25. Instituciones Top por conteo de documentos. Adaptado de: Lens.org (2020)

Por otro lado, los países más destacados por número de documentos publicados son: China, Estados Unidos y el Reino Unido.



Fig 26. Top países de origen de las instituciones por conteo de documentos. Adaptado de: Lens.org

En cuanto al comportamiento de las publicaciones en el tiempo, las publicaciones comienzan en 1969, y continúan con varios cortes en el tiempo hasta el año 2006. Luego, los picos más altos se encuentran en el 2013 y en el 2018. En general se tratan de artículos en revistas científicas.

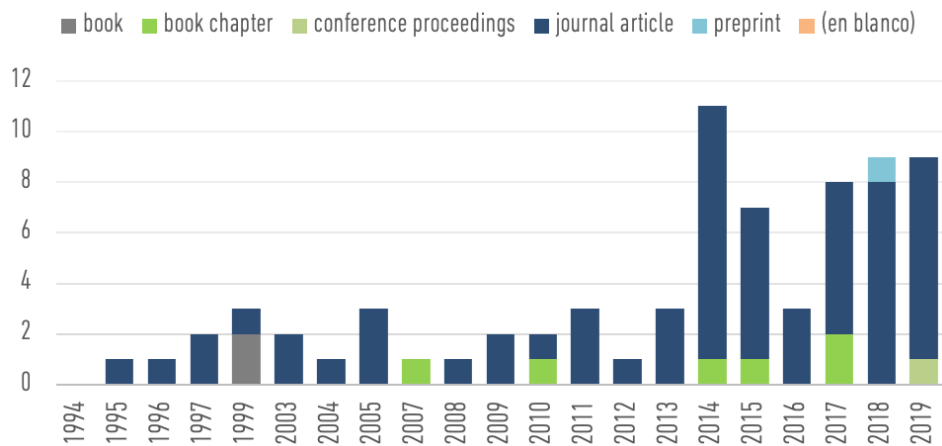


Fig 27. Línea de tiempo de los trabajos académicos, dividida por tipo de publicación. Adaptado de: Lens.org (2020)

Por otra parte, en cuanto a los autores con más citas (por conteo único), son: Frank Dentener y Diego Guizzardi. El primer autor, trabaja temas como: contaminación del aire, índice de calidad del aire y ciencias atmosféricas, y tiene afiliaciones con instituciones como Max Planck Society; el segundo trabaja temas como índice de calidad del aire, química y contaminación del aire, y tiene afiliaciones con instituciones como: Centre National de la Recherche Scientifique, La Universidad Charles en Praga, y Max Planck Society.

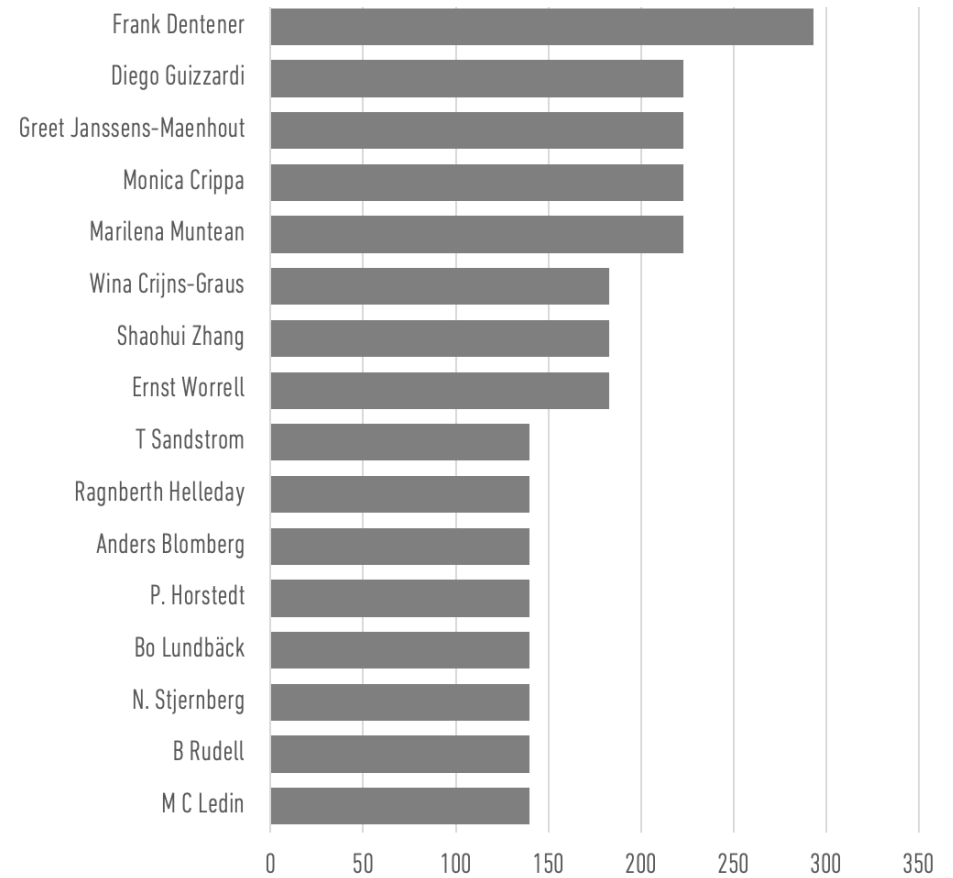


Fig 28. Top de autores por conteo único de citación. Adaptado de: Lens.org (2020)



Asimismo, las instituciones por tipo, se destacan las de educación (en donde una vez más se destaca la Universidad de Tsinghua) y las sin ánimo de lucro. Adicionalmente, las instituciones educativas trabajan principalmente el tema de contaminación del aire, al igual que las de gobierno, las instalaciones y las compañías; respecto a las sin ánimo de lucro trabajan principalmente en el tema de índice de calidad del aire.

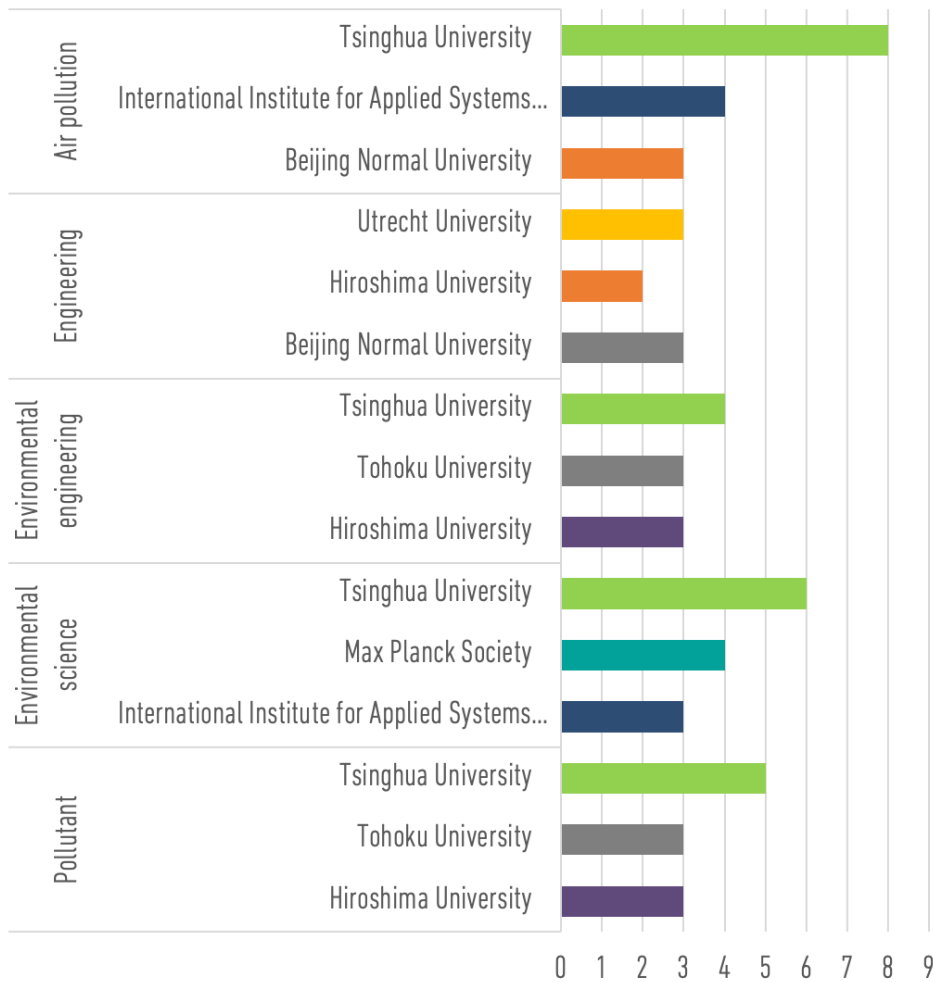


Fig 29. Campos de estudio cubiertos por las universidades más activas. Adaptado de: Lens.org (2020)

Las instituciones más activas por tipos de publicación más destacadas se muestran en el siguiente gráfico, donde el tema más importante en cuanto a conteo de documentos es la Universidad de Tsinghua, principalmente en el tema de contaminación de aire.

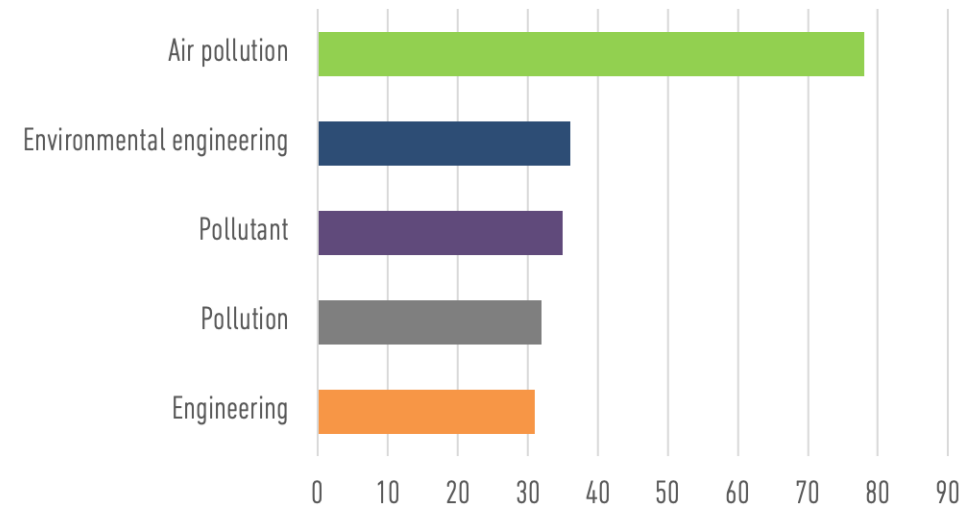


Fig 30. Campos de estudio cubiertos por las universidades más activas. Adaptado de: Lens.org (2020)

### 5.1.3. Tendencias en Desarrollo Tecnológico

Desde una perspectiva de la base de datos de la plataforma Lens, en lo referente a las patentes y tomando en cuenta la siguiente ecuación de búsqueda (la cual se guió tanto por palabras claves como los filtros, como por los IPCR relevantes a la temática), se obtienen las siguientes visualizaciones y conclusiones sobre la misma:

Patents (401) = IPCR Classifications: F01N3\* AND ( IPCR Classifications: B60\* AND ( Title: filter OR ( Abstract: filter OR Claims: filter ) ) )

Tomando en cuenta los últimos cuatro años, la evolución de la totalidad de patentes en el tiempo tuvo un comportamiento creciente desde el año 2016, a pesar de una reducción entre este año y el anterior.

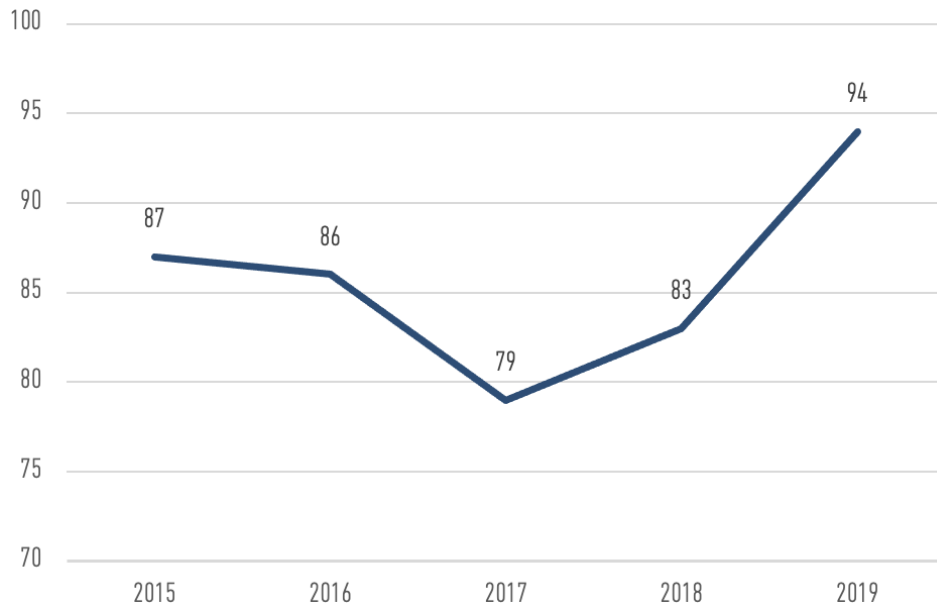


Fig 31. Patentes publicadas en el tiempo. Adaptado de Lens.org (2020)

Por otra parte, respecto a las jurisdicciones más destacadas se encuentran los Estados Unidos, Japón y Europa.

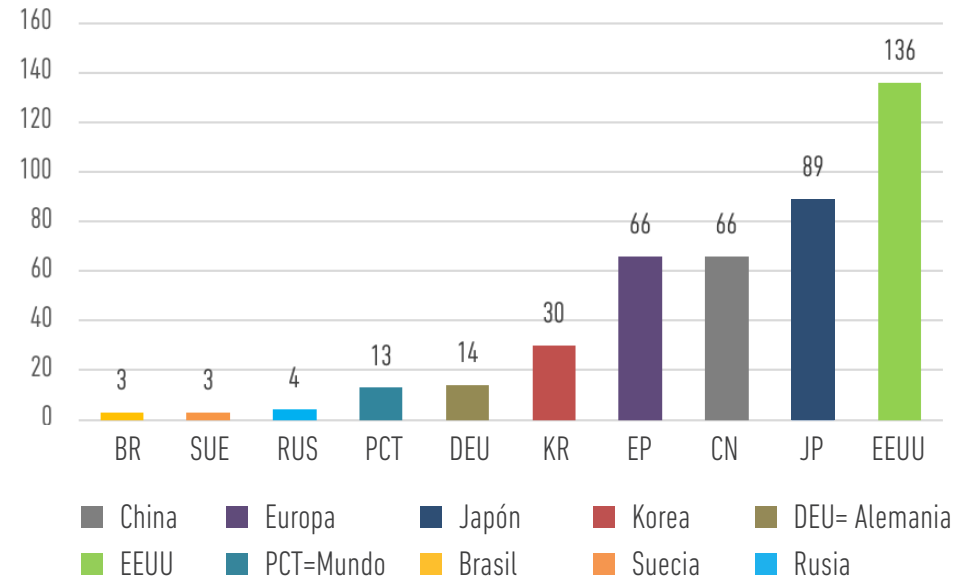


Fig 32. Jurisdicciones Top en el mundo por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org (2020)

Los inventores más destacados son los siguientes: Suzuki Takashi, Honda Tomoaki y Matsumura Mitsuyori. El primer autor, tomando en cuenta los criterios de búsqueda, ha trabajado patentes de los siguientes tipos: Control conjunto de subunidades de vehículos de diferente tipo o función para la propulsión de vehículos de propulsión puramente eléctrica con energía suministrada dentro del vehículo, incluido el control de motores de combustión (B60W10/06) y utilizando potencia de propulsión suministrada por generadores accionados por motor, por ejemplo, generadores accionados por motores de combustión: con posibilidad de propulsión mecánica directa separada (B60L50/16).

El siguiente autor ha trabajado patentes de los siguientes tipos: B60W10/06, Tipo de distribución de engranajes diferenciales (B60K6/445) y la categoría asociada a la utilización de medios para regenerar los filtros, por ejemplo, quemando partículas atrapadas (F01N3/023)

El tercer autor, ha trabajado patentes de los siguientes tipos: relativo a los silenciadores de escape para motores de combustión interna per se (B60K13/04) y F01N3/023. Los tres autores pertenecen a la organización Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha.

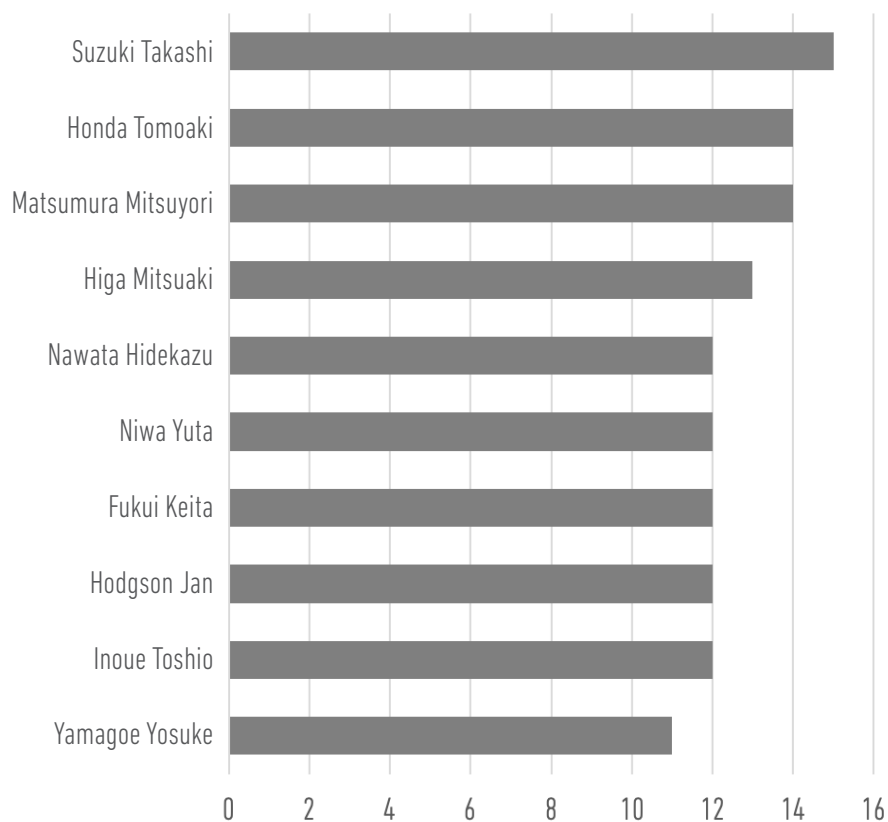


Fig 33. Inventores top por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org (2020)

Finalmente, tomando en cuenta la clasificación IPCR<sup>09</sup>, los tipos de patentes que más se encontraron son: la primera clasificación de patentes se relaciona a vehículos en general, y tiene la especificidad de que es relativa a los silenciadores de escape para motores de combustión interna per se (B60K13/04), le siguen patentes relacionadas a la acción de enfriar o eliminar componentes sólidos de los gases de escape mediante separadores eléctricos o electrostáticos, utilizando medios para regenerar los filtros, ejemplo, quemando partículas atrapadas (F01N3/023), y finalmente, se destaca el control conjunto de subunidades de vehículos de diferente tipo o función diferente para la propulsión de vehículos de propulsión puramente eléctrica con energía suministrada dentro del vehículo, incluido el control de motores de combustión (B60W10/06).

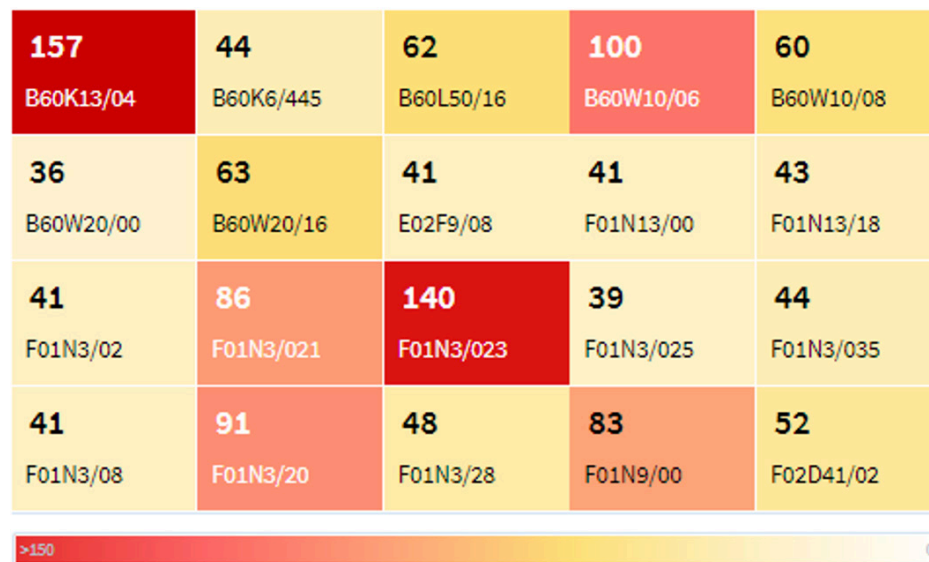


Fig 34. Clasificaciones IPCR top por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org (2020)

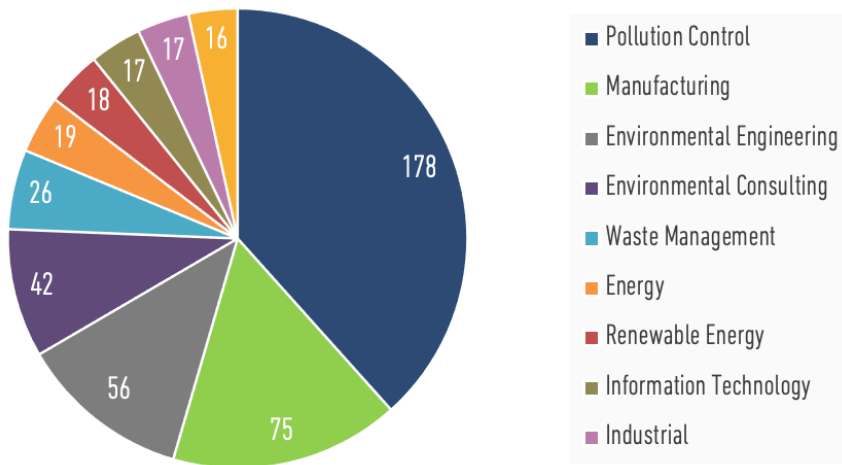
<sup>09</sup> La cual se tomó en cuenta para los criterios de la búsqueda inicial, donde las temáticas claves se asocian tecnologías end-of-pipe como los filtros catalíticos aplicados a vehículos.

### 5.1.4. Tendencias en Innovación

Gracias a información obtenida en la base de datos arrojado por Crunchbase, se logró obtener información valiosa para realizar diferentes análisis a partir de los siguientes filtros:

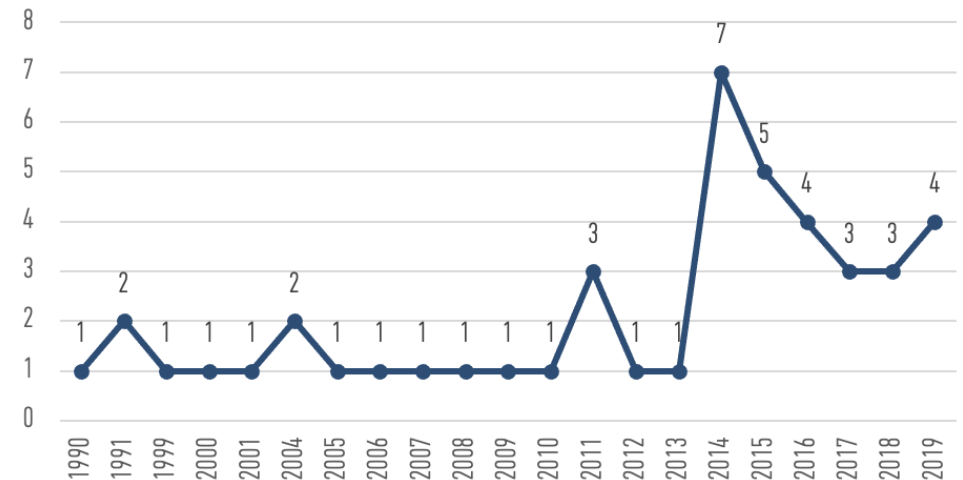
**Palabras claves:** wet scrubbers, waste gas absorbers, waste gas flare, catalytic converter, filters and cyclones, pollution control, end of pipe solution, PM 2.5.

A partir de esta información, se encontró que las empresas relacionadas a End Of Pie con el uso de tecnologías como wet scrubbers, waste gas absorbers, waste gas flare, catalytic converter, filters and cyclones están mostrando una tendencia creciente en cuanto a su creación a través del tiempo. En el top 10 de áreas de sectores con mayor actividad empresarial y de innovación, se encuentran: Control de la Contaminación, Manufactura, Ingeniería Ambiental, Consultoría Ambiental, Gestión de Residuos, Energía, Energía Renovable, Sector Industrial, Tecnología de la Información, y CleanTech.



**Fig 35.** Top 10 de las industrias con mayor participación en las empresas.  
Fuente: elaboración propia a partir de Crunchbase.

La dinámica de emprendimiento a través de los años muestra también un crecimiento particular de los emprendedores entre 1960 y 1990, ya que se evidencian leves variaciones en la creación de empresas (entre 2 y 4 empresas), sin embargo, a partir de 1992 aproximadamente se comienza a presentar un crecimiento a través del tiempo. A pesar de evidenciar un pico máximo en el 2001, el número de organizaciones han ido decreciendo poco a poco, pasando de 12 a 7 para el 2019.



**Fig 36.** Cantidad de empresas fundadas entre 1960 a 2019.

Algunas de las empresas ubicadas en su etapa inicial (Early Stage Venture) o startups, obtuvieron una última financiación de capital social (Equity Funding Amount) entre el 2017 y 2019, las cuales se destacan en las industrias Control de contaminación e Ingeniería y Consultoría Ambiental. Algunas de estas son: Carbon Clean Solutions ubicada en el Reino Unido, desarrolla tecnología de separación de CO2 para aplicaciones industriales y de tratamiento de gases.

Por otro lado se encuentra Kaiterra, ubicada en China crea monitores de calidad del aire de alta precisión para consumidores, empresas y uso industrial; los datos generados por estos dispositivos se combinan con datos recogidos por el gobierno, modelos meteorológicos e imágenes de satélite para mostrar, visualmente, cómo se está creando la contaminación, cómo se está moviendo, e identificar fuentes específicas.

Por otro lado, los inversionistas que más han incursionado en diferentes empresas se muestran en el siguiente top 5 donde encabezan La Agencia Europea para la Pequeña y Mediana Empresa (EASME por sus siglas en inglés) quien gestiona programas programas de la UE en los ámbitos de apoyo a las PYME e innovación, medio ambiente, acción climática, energía y asuntos marítimos. Seguidamente, la Autoridad de Investigación y Desarrollo de Energía del Estado de Nueva York (NYSERDA por sus siglas en inglés) promueve la eficiencia energética y el uso de fuentes de energía renovables. Asimismo, se encuentra Vertis SGR S.p.A. la cual es una empresa de gestión de activos autorizada por el Banco de Italia, donde realizan inversiones en proyectos de investigación, spin-offs, startups y pymes y es la referencia para inversiones en innovadoras Made in Italy.

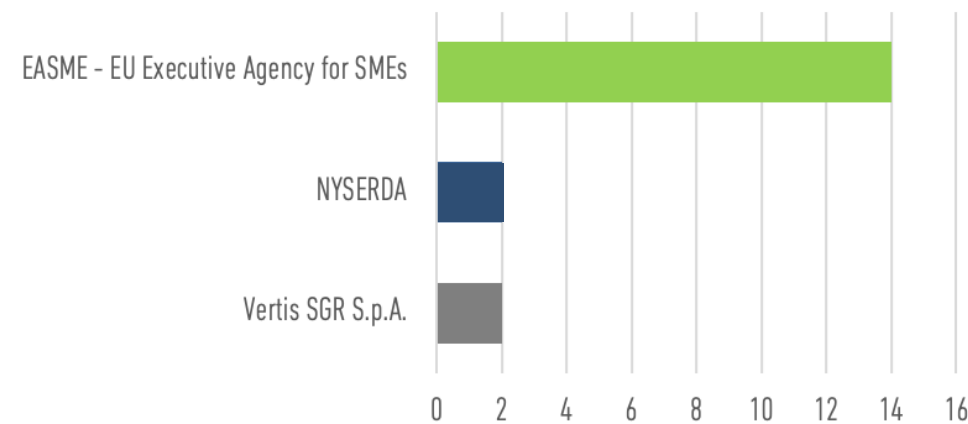


Fig 37. Top 5 inversionistas. Fuente: elaboración propia a partir de Crunchbase.

Finalmente, los países más activos en términos de emprendimiento e innovación se encuentran ubicados, en primer lugar en Estados Unidos con 79 empresas, luego se encuentra China con 47 empresas, India y Alemania con 15. En los 4 países nombrados anteriormente, sus industrias top encuentran consistencia en los filtros proporcionados inicialmente, siendo los más importantes en End Of Pipe. Es importante señalar que, aunque estas industrias son las principales mostradas por la base de datos de crunchbase, existe una gran variedad de empresas cuya finalidad se encuentra relacionada con varias industrias al mismo tiempo.

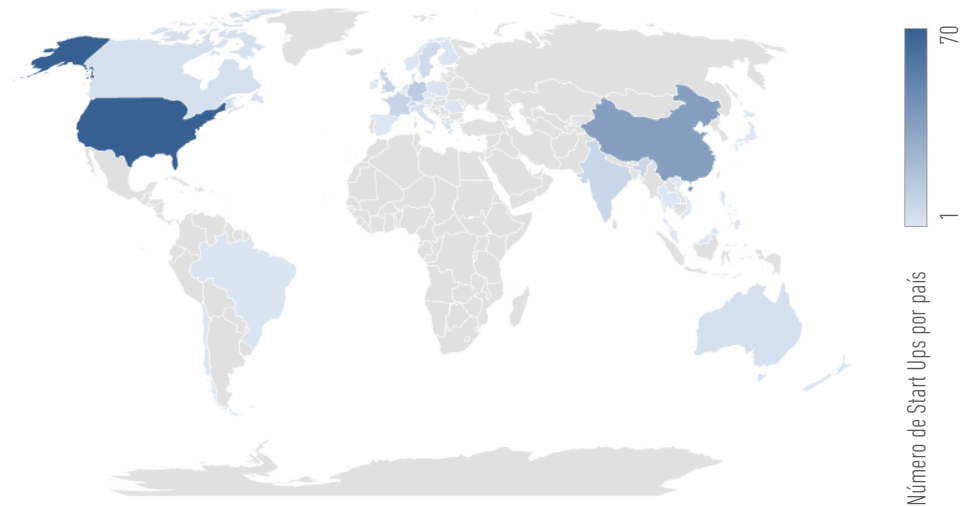


Fig 38. Mapa actividad empresarial. Fuente: elaboración propia a partir de Crunchbase.



Aunque hasta el momento la plataforma de bases de datos de Crunchbase no cuenta con registros de empresas provenientes de Colombia, se logró obtener información 2 de países latinoamericanos como Brasil y Chile. Brasil cuenta con una serie de empresas semillas que dentro de su actividad incluyen industrias como eficiencia energética, control de la contaminación, Sostenibilidad, entre otros; por otro lado, Chile aunque también cuentan con empresas que se encuentran en crecimiento (semillas) éstas tienen un enfoque más fuerte en GreenTech y la tecnología de la información.

Seguidamente, GlobeNewsWire (2020) habla de las siguientes empresas claves en el mercado de convertidores catalíticos para autos, se encuentran:

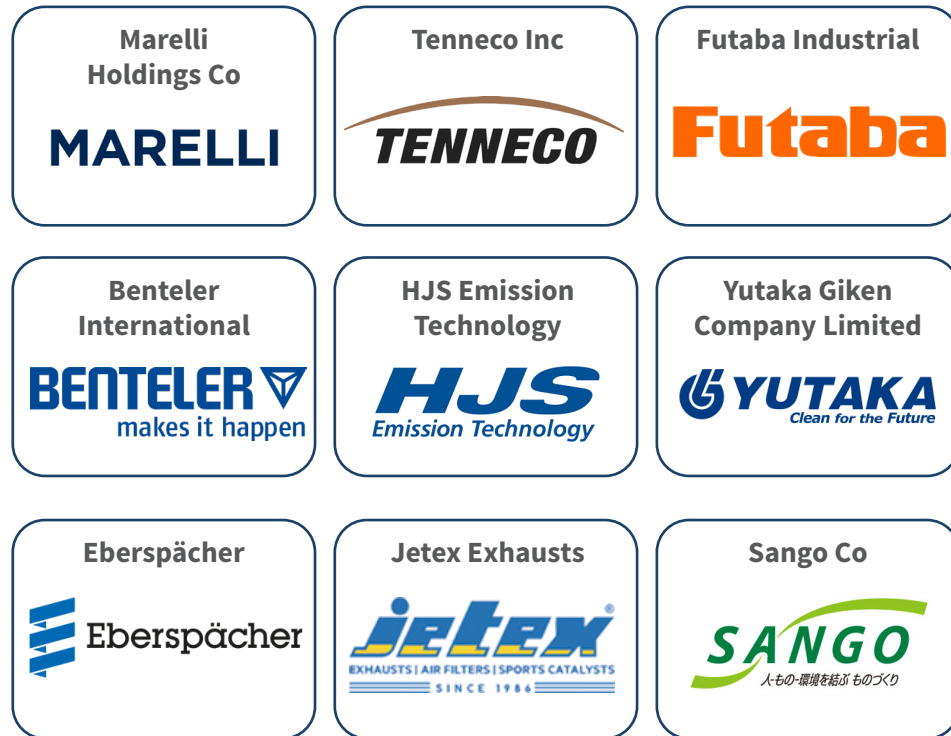


Fig 39. Empresas clave en el mercado. Fuente: Elaboración propia a partir de GlobeNewsWire(2020)

Finalmente, Venture Radar (s.f) destaca la siguiente start up:



**Graviky Labs:** desarrollaron una tecnología de modificación que captura las emisiones de carbono de los vehículos y las chimeneas antes de que ingresen a nuestra atmósfera. Los contaminantes capturados se reciclan luego en tintas, AIR-INK.

### 5.1.5. Tendencias en habilidades requeridas

En el caso de las tecnologías end of pipe, en general, tienen aplicaciones en varios sectores industriales que producen contaminación, sin embargo, tomando en cuenta el enfoque del informe y la importancia de la industria automotriz es relativamente buena. En el caso de habilidades requeridas actualmente, un reporte del consejo automotriz del Reino Unido del 2016, muestra las siguientes habilidades requeridas y las habilidades necesarias en un futuro: donde se destacan carreras asociadas a la ingeniería, y a actividades asociadas a la fabricación y mantenimiento de los autos, y en el escenario futuro se destacan el mantenimiento y el diseño y desarrollo (Bettsworth y Davies, 2016).

Luego, respecto a las habilidades asociadas a las tecnologías de la cuarta revolución, tomando en cuenta el caso de India, se destaca que los avances en estas son los componentes básicos para la oferta de automóviles inteligentes con funcionalidades como navegación avanzada, mantenimiento predictivo, monitoreo remoto de las características del automóvil, experiencias móviles externas, entre otras. Lo que lleva a la necesidad de un nuevo conjunto de habilidades de la fuerza laboral.

**Tabla 10.** Nuevas habilidades requeridas. Adaptado de: (AutoCar Professional, 2017).

Ingeniero de análisis del automóvil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar la inteligencia artificial y el análisis predictivo para optimizar los inventarios internos a partir de los datos de la cadena de suministro</li> <li>• Modelización predictiva para identificar KPI para las mejoras de eficiencia</li> <li>• Previsión de Big data para mejorar las previsiones de ventas</li> </ul>
Técnico de impresión 3D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de utilizar los métodos y técnicas adecuados para imprimir los componentes</li> <li>• Capacidad de comprobar los componentes fabricados en 3D para garantizar la especificación</li> <li>• Conocimiento de la fabricación aditiva 3D y de los moldeadores por inyección</li> </ul>
Experto en integración sostenible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantizar el cumplimiento de la legislación, los reglamentos, las directivas y otras directrices pertinentes en materia de medio ambiente, salud y seguridad</li> <li>• Desarrollar soluciones sostenibles a medida para la fabricación de automóviles</li> </ul>
Experto en ciber seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización del aprendizaje automático para desarrollar patrones de conducción en línea con el comportamiento de la conducción humana</li> <li>• Utilizar el aprendizaje profundo y el aprendizaje de refuerzo para desarrollar sistemas avanzados de seguridad del automóvil que protejan contra nuevas amenazas.</li> </ul>

En este caso, se destaca el uso de nuevas tecnologías y un enfoque al cumplimiento de políticas de sostenibilidad, y soluciones más favorables al medio ambiente.

En lo referente a las plataformas de empleo, tales como LinkedIn, se encontraron las siguientes vacantes relevantes a catalizadores:

- **Gerente, Ingeniería de Catalizador:** en el que la compañía Catalyst Recruiting Inc(fabricante de convertidores catalíticos), busca un ingeniero senior que dirija los esfuerzos técnicos en la producción de sustratos de catalizador. En este caso se requieren conocimientos sobre catalizadores de tres vías y en diesel, y habilidades como una licenciatura en química, experiencia en diseño, desarrollo, pruebas y validación, y experiencia en temas como revestimientos (LinkedIn, 2020a).
- **Ingeniero de desarrollo de catalizadores:** la empresa HonorVet Technologies busca un ingeniero que investigue las tendencias tecnológicas de los sistemas de postratamiento y determine las compensaciones del sistema para permitir la selección del hardware y el diagnóstico del sistema para cumplir con estándares de emisiones en futuras aplicaciones. Entre las habilidades necesarias se encuentra el manejo de plataformas como Matlab, maestría en Ciencias en Ingeniería Química o Mecánica o relacionado, conocimientos de plantas de ensamblaje automotriz, refrigeración del motor, sistemas aerotérmicos, entre otros (LinkedIn, 2020b).



## 5.2. Temática: Movilidad eléctrica de carga

### 5.2.1. Definición del tema

El camino hacia la descarbonización del sector del transporte pesado no ha sido fácil de llevar, ya que encuentra diferentes obstáculos como la limitada disponibilidad de tecnología o la necesidad de viajes de larga distancia; dado esto, los gobiernos y empresas están buscando derribar esas barreras para ayudar a descarbonizar este sector. La movilidad eléctrica de carga, llega a ser una de las soluciones que en la actualidad pueden brindar una mejor calidad de vida a las personas ya que se puede lograr la reducción de emisiones de polutantes; al mismo tiempo, evitan la emisión de toneladas de gases de efecto invernadero para así mitigar los efectos del cambio climático (ICCT, 2017).

Para abordar el potencial de reducción de emisiones de los vehículos pesados, las tecnologías de vehículos eléctricos y de baterías de combustible de hidrógeno logran un gran aporte, ya que varias formas de estas tecnologías aprovecharían los desarrollos de la electricidad y las células de combustible en los autos, furgonetas comerciales ligeras y los autobuses. Más allá de la simple conexión a la red eléctrica, se lograría hablar de igual manera de las “e-roads” o “e-highways”, las cuales proporcionan una fuente continua de energía a los vehículos transmitiendo directamente la electricidad al motor eléctrico y cargando una batería de a bordo.

Aunque las mejoras tecnológicas necesarias para cumplir este propósito tienen un aumento asociado en los costos de la tecnología, las mejoras en la eficiencia de los combustibles llevan a períodos de recuperación de la inversión esperados que van de 2 a 4 años para los diversos tipos de vehículos.

En el sector, se logran identificar 3 áreas de la tecnología de emisiones cero, donde cada una ofrece la posibilidad de reducir las emisiones de carbono, la no emisión de gases de escape y el uso de energía renovable. Como lo muestra la siguiente tabla, dichas tecnologías son: vehículos eléctricos enchufables, vehículos eléctricos de carga por catenaria o en carretera y vehículos de baterías de combustible de hidrógeno (ICCT, 2017).

**Tabla 11.** Resumen de los segmentos prometedores, los beneficios y los obstáculos de las tecnologías de vehículos de carga pesada de emisión cero. Adaptado de ICCT (2017)

Tecnología	Beneficios	Obstáculos a la viabilidad generalizada	Segmentos prometedores para la comercialización
Eléctrico (enchufable)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducir las emisiones de efecto invernadero</li> <li>- Eliminar la contaminación atmosférica local</li> <li>- Reducir los costes de combustible</li> <li>- Reducir los costes de mantenimiento</li> <li>- Aumentar la eficiencia energética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autonomía eléctrica limitada</li> <li>- Coste del vehículo (batería)</li> <li>- Tiempo de carga (a menos que se utilice el intercambio de baterías)</li> <li>- Peso y tamaño de la carga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Furgonetas comerciales ligeras de reparto urbano</li> <li>- Camiones de reparto regional de tamaño medio</li> <li>- Camiones de basura</li> </ul>
Eléctrico (catenaria o carretera)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumentar el uso de energías renovables</li> <li>- Reducir las emisiones de efecto invernadero</li> <li>- Eliminar la contaminación atmosférica local</li> <li>- Reducir los costes de combustible</li> <li>- Reducir los costes de mantenimiento</li> <li>- Aumentar la eficiencia energética</li> <li>- Aumentar el uso de energías renovables</li> <li>- Permitir los desplazamientos regionales"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coste de la infraestructura</li> <li>- Estandarización entre regiones</li> <li>- Red de infraestructuras completa antes del despliegue del vehículo</li> <li>- Obstrucción visual (catenaria)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Camiones de carga media y remolques de carga pesada en rutas de media distancia de media distancia con alto uso de carga</li> <li>- Camiones de transporte en los puertos</li> </ul>
Pila de combustible de hidrógeno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducir las emisiones de efecto invernadero</li> <li>- Eliminar la contaminación atmosférica local</li> <li>- Aumentar la eficiencia energética</li> <li>- Rápido reabastecimiento de combustible</li> <li>- Aumentar el uso de energías renovables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coste de la infraestructura de repostaje</li> <li>- Coste del hidrógeno renovable</li> <li>- Coste del vehículo (pila de combustible)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remolques pesados en rutas de larga distancia</li> <li>- Camiones de transporte en los alrededores de los puertos</li> </ul>

Es importante señalar que, la adaptación de tecnologías eléctricas y de hidrógeno, puede ayudar a superar barreras como la distancia de recorrido, la infraestructura y el tiempo de recarga. Según ICCT (2017) los camiones de carga pesada generan una contaminación que representa aproximadamente el 40% de las emisiones de carbono, y su actividad continúa creciendo. Los principales proyectos relacionados con las tecnologías de vehículos eléctricos y de baterías de combustible de hidrógeno para trabajos pesados muestran un gran potencial ya que son más eficientes.

Por otro lado, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP por sus siglas en inglés), analiza en su reporte “Movilidad Eléctrica 2019: Situación y oportunidades de colaboración regional en América Latina y el Caribe”<sup>10</sup>, los últimos acontecimientos en 20 países de la región y destaca el creciente liderazgo en la promoción de nuevas tecnologías de movilidad eléctrica; por ejemplo, Chile cuenta con la mayor flota de autobuses eléctricos de la región (más de 400 unidades). En el reporte, solicitan a los encargados de adoptar decisiones que prioricen la electrificación del transporte público, dado que la transición a la movilidad eléctrica podría ayudar a los países de América Latina y el Caribe a reducir las emisiones. Algunos países ya se están preparando para una transición hacia un transporte sostenible: Chile, en el cual el ministerio del medio ambiente habla de que la región puede evitarse 1100 millones de toneladas de Co<sub>2</sub>, mediante la descarbonización de la matriz energética y la electrificación del sistema; le sigue Colombia, Costa Rica y Panamá, que han diseñado estrategias nacionales de movilidad eléctrica, mientras que Argentina, República Dominicana, México y Paraguay están finalizando sus propios planes, según el informe (UNEP, 2020).

Finalmente, Pollution Probe & Delphi Group (2018) identifican 4 clases de vehículos que pueden utilizarse para proporcionar movilidad eléctrica.

<sup>10</sup> <https://bit.ly/2OnvbZ3>

Estos, son capaces de proporcionar propulsión a través de un motor eléctrico para al menos una parte de la distancia total recorrida.

- **Vehículo eléctrico híbrido (VEH):** Combina un ICE con un sistema de propulsión eléctrica a batería; estos híbridos “convencionales” tienden a tener baterías mucho más pequeñas y alcances eléctricos más cortos, y han ayudado a lograr reducciones de GEI.
- **Vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV):** VEH con la opción de cargar la batería con una fuente externa de electricidad. Estos vehículos suelen tener baterías más grandes y alcances eléctricos más largos (entre 25 a 85 km); es decir, los usuarios pueden realizar una cantidad significativa de viajes diarios utilizando exclusivamente la propulsión eléctrica.
- **Vehículo eléctrico de batería (BEV):** sólo contienen un sistema de propulsión eléctrica a batería. La batería se carga enchufándola a una fuente externa de electricidad. Los BEV suelen tener eficiencias de alrededor del 80% y alcances de 150 y 540 km con una sola carga.
- **Vehículo Eléctrico de Célula de Combustible (FCEV):** Utiliza una pila de combustible y gas de hidrógeno para alimentar un motor eléctrico que impulsa el sistema de propulsión. Dentro del vehículo, una pila de células de combustible convierte el hidrógeno en electricidad que se utiliza para cargar una pequeña batería que a su vez alimenta un motor eléctrico.

Así pues, los vehículos eléctricos están comenzando a entrar en el mercado (vehículos medianos, vehículos pesados, autobuses, entre otros), donde las diversas tecnologías de los autos de emisiones bajas, ultrabajas e incluso cero dependiendo de la fuente de energía y el tipo de vehículo, los cuales a su vez se enfrentan a barreras de costo, e inclusive, a barreras de rendimiento (ICCT, 2017).

### a. ¿Qué está pasando en el mundo respecto a la temática?

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) la implementación de vehículos eléctricos ha crecido rápidamente en los últimos diez años, y alrededor del mundo, el stock de vehículos eléctricos de pasajeros<sup>11</sup> superó los 5 millones en 2018, un 63% más respecto al 2017. En lo referente a estos autos en carretera, en 2018 alrededor del 45% estaban en China, en comparación con el 39% en 2017. Luego, Europa representó el 24% de la flota mundial y Estados Unidos el 22%. En términos de participación de mercado de automóviles eléctricos, Noruega ha sido un líder global. Por otra parte, se estimó que el número de puntos de recarga en el mundo era de aproximadamente 5,2 millones a finales de 2018, un 44% más que el año anterior.

Es importante mencionar, que las políticas desempeñan un papel fundamental. Los países líderes en materia de movilidad eléctrica han usado y utilizan diversas medidas, tales como normas de economía de combustible, incentivos para los vehículos de bajas y cero emisiones, instrumentos económicos que ayudan a reducir la diferencia de costos entre los vehículos eléctricos y los convencionales, y apoyo al despliegue de la infraestructura de recarga, y apoyos a los desarrollos en la cadena de valor de las tecnologías asociadas a las baterías y su cadena de valor (IEA, 2019a).

Luego, el Programa de Vehículos Eléctricos de Nueva Zelanda incluye varias iniciativas relacionadas a vehículos eléctricos: como la exención del RUC para los vehículos eléctricos, prorrogada hasta el 31 de diciembre de 2021 (lo que le ahorrará al conductor medio de este tipo de vehículos aproximadamente 600 dólares por año); también se plantea una exención del RUC para los vehículos eléctricos pesados hasta que estos constituyan el 2% de todos los vehículos pesados del país, y depende a su vez del tipo de vehículo y de la distancia que recorra en un año (Ministerio de Transporte Nueva Zelanda, 2020).

Para Estados Unidos, específicamente para California, la Junta de Recursos Aéreos de California (CARB) presentó una propuesta de norma de Camiones Limpios Avanzados, que requeriría que alrededor del 60% de los nuevos camiones de carga media y pesada vendidos en el estado, sean vehículos de cero emisiones (ZEV) para el año 2035. Esta regla sería el primer estándar de vehículos eléctricos para camiones en Estados Unidos. Seguidamente, la norma propuesta de camiones limpios podría impulsar la ambición del reglamento de la Unión Europea sobre camiones de carga, que se revisará en 2022 (Forbes, 2020).

Según un reporte del gobierno de Toronto Canadá, a partir de un examen de las prácticas óptimas municipales, se evidencian categorías críticas de acción que se debería utilizar para orientar y priorizar acciones específicas dentro de la Estrategia de Movilidad Eléctrica: infraestructura de carga, educación pública, colaboración y asociaciones, reglamentos y políticas, incentivos, oportunidades de desarrollo económico, así como flotas, y uso compartido de autos.



<sup>11</sup> Es necesario tomar en cuenta, que es una sola categoría



La cuales están en consonancia con las esferas de acción que se han identificado durante la etapa de evaluación: disponibilidad de infraestructura de carga; políticas y reglamentación; incentivos financieros y no financieros; investigación, sensibilización de la comunidad; comprensión y desarrollo de la industria, la fuerza de trabajo; transporte público; flotas y movilidad compartida; y movimiento de mercancías y de carga (Pollution Probe & Delphi Group, 2018).

En Inglaterra, se puede mencionar la ciudad de Londres, en la cual se realizó un ensayo de vehículos de reparto eléctricos, el cual fue parte de la prueba de carga y logística de bajas emisiones financiada por la Oficina de Vehículos de Bajas Emisiones (OLEV) en asociación con Innovate UK. Estos vehículos se describen de la siguiente forma: son de última generación, compuestos por el Voltia (Nissan) y el BD Auto e-Ducato, que fueron diseñados especialmente para el proyecto; también, son más grandes que la mayoría de los vehículos ligeros y tienen una capacidad ampliada, lo que significa que se necesitan menos vehículos para las entregas (Greater London Authority, 2020)

En el caso de Europa como tal, el número de camiones eléctricos con batería y enchufables registrados más del doble de año en año en 2019, con casi 750 nuevos vehículos registrados, el 80% de ellos en Alemania. En suma, se están vendiendo (o a punto de vender) 1.000 camiones eléctricos de gran potencia en un solo año (IEA, 2020).

Algunos proyectos de demostración de movilidad eléctrica de vehículos pesados son descritos en la siguiente gráfica, tomando en cuenta, las tecnologías, la organización, la ciudad, el tiempo, la descripción y la fuente: (Ver tabla en la siguiente página)

Luego en lo referente a proyectos de demostración relacionados a los vehículos de carga media y pesada que funcionan con combustible de celda de hidrógeno se encuentran los siguientes:

**Tabla 12.** Resumen de los segmentos prometedores, los beneficios y los obstáculos de las tecnologías de vehículos de carga pesada de emisión cero. Adaptado de ICCT (2017)

Tecnología	Organización	Ubicación	Descripción	Fuente
Camión de reparto de paquetes de servicio mediano con pila de combustible de hidrógeno	FedEx, Departamento de Energía de EE. UU., Plug Power, Workhorse Group	Memphis, Tennessee y California	Demostración de 20 camiones de reparto de paquetes eléctricos con batería de rango extendido de celda de combustible de hidrógeno que operan un turno de 10 horas durante 260 días al año durante aproximadamente 1,92 años (~ 5,000 horas por camión). El proyecto recibió \$ 3.0 millones en financiamiento del DOE y \$ 3.367 millones de socios.	Grifo (2016)
Camión eléctrico Maxity con extensor de rango de celda de combustible	Renault Trucks y la oficina de correos francesa	Francia	Un año de prueba de campo realizada por la oficina de correos francesa del Maxity Electric Truck de Renault equipado con una celda de combustible de hidrógeno. Tiempo de espera 2015	Camiones Renault (2015)
Camión de reparto de paquetes eléctrico híbrido de hidrógeno	CTE, UPS, Universidad de Texas, EVI, Hydrogenics USA, Valance Technology	California	El proyecto modernizará 17 camionetas de reparto con tecnología híbrida de pila de combustible y las probará en las instalaciones de distribución en California. Tiempo de espera 2014-	CTE (2016); Saivapal (2014)
Camión de arrastre de pila de combustible de hidrógeno	Fondo de Defensa Ambiental, DOE de EE. UU., (H-GAC), Instituto de Tecnología de Gas, Híbrido de EE. UU., Richardson Trucking, Universidad de Texas	Puerto de Houston, Texas	Proyecto de demostración de tres años de tres camiones de acarreo Clase 8 de servicio pesado sin emisiones propulsados por un sistema de energía híbrido eléctrico de celda de combustible de hidrógeno en el Puerto de Houston. El proyecto recibió \$ 3.4 M en fondos federales y los socios del proyecto se comprometieron a financiar \$ 3.0 M. Tiempo de espera 2015-	Wolfe (2015)
Camión de arrastre de pila de combustible	Hydrogenics, Siemens, Total Transportation Services (TTSI)	Puerto de Los Ángeles y Long Beach, California	La "Demostración de tecnología avanzada de vehículos de celda de combustible para camiones de acarreo" es un proyecto que demuestra un camión de acarreo Clase 8 propulsado por celdas de combustible de hidrógeno. Tiempo de espera 2015-	Hidrogenica (2015)
Camiones de acarreo eléctricos con batería híbrida de pila de combustible de hidrógeno	SCAQMD, CTE, TransPower, EE. UU. Híbrido, Hydrogenics EE. UU.	Puerto de Los Ángeles y Long Beach, California	Desarrollo y demostración de 6 camiones eléctricos a batería con extensores de rango de pila de combustible de hidrógeno para aplicaciones de acarreo. Tiempo de espera 2015-2018	SCAQMD (2014, 2016b)
Camiones de distribución de pilas de combustible de hidrógeno	Scania y Asko	Noruega	3 camiones de distribución eléctrica de tres ejes propulsados por pilas de combustible de hidrógeno utilizados para servicios de distribución de casi 500 km. El gas hidrógeno se producirá localmente a partir de células solares. Tiempo de espera 2016	Scania (2016)
Camión de arrastre de pila de combustible	Toyota	Puertos de Los Ángeles y Long Beach, California	Toyota probará el sistema de camiones de celda de combustible, Project Portal, para determinar la viabilidad de usar camiones de celda de combustible para aplicaciones de transporte en puertos. Tiempo de espera 2017	Toyota (2017)

**Tabla 13.** Resumen de los segmentos prometedores, los beneficios y los obstáculos de las tecnologías de vehículos de carga pesada de emisión cero. Adaptado de ICCT (2017)

Tecnología	Organización	Ubicación	Tiempo de espera	Descripción	Fuente
Camiones de acarreo de cero emisiones	SCAQMD, el estado de California, BYD, Kenworth, Peterbilt y Volvo	California	2016	Proyecto de demostración a nivel estatal de 43 camiones de acarreo híbridos enchufables y eléctricos de batería de cero emisiones utilizados para transportar mercancías en distancias cortas desde los puertos hasta los centros de distribución y los patios ferroviarios.	SCAQMD (2016a)
Camión eléctrico Clase 8	TransPower	California	2015	Demostración de 4 camiones eléctricos Clase 8 completamente a batería desde el condado de San Diego 110 millas hasta la región portuaria de Los Ángeles-Long Beach.	TransPower (2015)
Camiones eléctricos Clase 8 y camiones de servicio mediano Clase 5	BYD, Gobiernos Asociados de San Bernardino (SANBAG) y BNSF Railway	San Bernardino, Commerce y Fontana, California	2016-2018	Proyecto de demostración de dos años de 23 camiones eléctricos de batería Clase 8 y 4 camiones de servicio de servicio mediano Clase 5 para su uso en patios ferroviarios y centros de distribución de carga a gran escala, en sustitución de los tractores de servicio pesado impulsados por diesel. El estado de California otorgó \$ 9 millones a través del programa California Climate Investments (CCI).	BYD (2016); CARB (2017)
Camión de basura eléctrico de servicio pesado	Motiv Power Systems y la ciudad de Chicago	Chicago, Illinois	2014	La ciudad de Chicago utiliza un camión de basura totalmente eléctrico en diferentes rutas de basura y reciclaje de hasta 60 millas de largo.	Motiv (2014)
Camiones de distribución de cero emisiones	EMOSS BV, Hytruck	Países Bajos	2013-2014	Proyecto de distribución urbana de cero emisiones: 8 camiones híbridos y eléctricos con 2 camiones totalmente eléctricos de 19 toneladas (los camiones eléctricos más grandes de su tipo en Europa)	EMOSS (2016)
Eliminación de residuos eléctricos de batería	FAUN Umwelttechnik GmbH & Co. KG, DFKI, BEG, BMUB	Alemania	2017-2019	La eliminación de desechos eléctrica a batería con soporte de robot (BEAR) es un proyecto que desarrolla e implementa un camión piloto de basura totalmente eléctrico para ser probado por la empresa de eliminación de desechos de Bremerhaven durante 12 meses.	BMUB (2016a)
Camión de basura eléctrico de servicio pesado	Gestión de residuos NZ y EMOSS	Auckland y Christchurch, Nueva Zelanda	2016-2017	Un camión de recolección de desechos de carrocería eléctrica y dos camiones de recolección de desechos de carga lateral para finales de 2016 / principios de 2017. La electricidad provendrá de las emisiones de gas para un relleno sanitario local. Primer paso en la transición de Waste Management a todo eléctrico.	Bradley (2016); Waste Management NZ (2016)
Camiones logísticos eléctricos de servicio pesado	INTERREG, UE, LIOF, FIER Automotive, Köppen, Samskip, CTV, KLG Europe, Meulenberg Transport, Limburg	North Limburg, Holanda y Duisburg, Alemania	2017	Green Electric Last Mile (eGLM): un proyecto que implementa 9 camiones eléctricos de servicio pesado de 40 a 50 toneladas en la región logística transfronteriza de North Limburg-Duisburg	eGLM (2017); Weken y Kroon (2017)
Camiones eléctricos de carga pesada para distribución de bebidas	FREVUE, Heineken, Simon Loos,	Amsterdam y Rotterdam, Holanda	2017	Pruebas de 6 camiones de carga eléctricos de 12 toneladas y 1 de 19 toneladas en la flota de camiones de reparto de Heineken.	FREVUE (2017a)
Camiones de carga eléctricos	Autobus Lion, TM4, AddÉnergie Technologies, Solution Adetel, Alcoa Canadá	Quebec, Canada	2017	Diseño y fabricación de cuatro prototipos (dos camiones de carga y dos autobuses de pasajeros). El proyecto está valorado en 17,2 millones de dólares canadienses con 8,6 millones de dólares canadienses de financiación del gobierno.	Gobierno de Québec (2016)
Camión de basura eléctrico	Phoenix Danmark, Norsk Gjenvinning	Sparsborg, Noruega	2017	Dos camiones de basura eléctricos reacondicionados, se espera que cada camión ahorre 60 toneladas métricas de CO <sub>2</sub> por año	Norsk elbilforening (2017)
Camión de reparto eléctrico	ASKO	Oslo, Noruega	2016	El primer camión de distribución eléctrica de Noruega en funcionamiento, utilizado para entregar alimentos a las tiendas del centro de la ciudad. Camión frigorífico de 18 toneladas con capacidad de batería de 240 kWh, alcance de 200 km y un costo de ~ \$ 4 millones NOK (~ \$ 470,000), el doble que el camión diesel.	Dallokken (2016)
Camión de basura eléctrico	Motiv Power Systems, Crane Carrier, Loadmaster y la ciudad de Sacramento	Sacramento, California	2017	Primer camión de basura totalmente eléctrico del estado desplegado en la ciudad de Sacramento. Se espera que ahorre 6.000 galones de combustible por año.	PR Newswire (2017)
Camión de reparto eléctrico	EMOSS, FREVUE, BREYTNER	Rotterdam, Holanda		Prueba de un camión EMOSS de 19 toneladas en Rotterdam por BREYTNER Transportation.	FREVUE (2017d)
Camión eléctrico	Grupo BMW, Grupo SCHERM, Terberg	Munich, Alemania	2015	Camión eléctrico de 40 toneladas para transporte de material desde un centro logístico, cargado con electricidad renovable	BMW Group (2015)
Vehículos comerciales eléctricos	Fraunhofer IML, TU Berlín, Hochschule Fulda, Florida Eis, Meyer Logistik, Meyer & Meyer, BMUB	Alemania	2017-2019	"EN-WIN" es una prueba de campo de 18 meses de vehículos eléctricos en la logística alimentaria, textil y de distribución. Datos para desarrollar herramienta de previsión de vehículos comerciales electrónicos. La segunda parte del proyecto es la construcción de un vehículo eléctrico 261 para uso del tráfico urbano.	BMUB (2017a)
Vehículos eléctricos de carga	Emons Spedition, BMUB	Dresde, Alemania	2016-2018	Proyecto Cite-Truck: Emons desplegará tres vehículos eléctricos pesados (12t y 18t)	BMUB (2016b)
Camión terminal eléctrico	Terex MHPS, Hamburger Hafen und Logistik, Hermann Paus, Neuss Trimodal, Maschinenfabrik	Neuss y Hamburgo, Alemania	2012-2017	Proyecto de camiones terminales para desarrollar y probar camiones terminales alimentados por baterías para el manejo de contenedores.	BMUB (2016g)

Los gobiernos de California, Alemania y Suecia han impulsado proyectos de demostración en sus respectivas regiones con apoyo gubernamental, tanto financiero como mediante la participación directa del gobierno. Los gobiernos también han mostrado su apoyo mediante la participación directa en la realización de proyectos de investigación y desarrollo. Por ejemplo, en 2016, el Gobierno de Quebec apoyó un proyecto de vehículos pesados totalmente eléctricos que incluía la fabricación de cuatro prototipos, entre ellos dos autobuses de pasajeros y dos camiones de carga. En 2017, en el marco de su asociación para la innovación, los gobiernos de Alemania y Suecia han realizado un estudio conjunto sobre la electrificación de las carreteras para explorar las diversas opciones técnicas y modelos de negocio, así como la forma de superar las cuestiones de interoperabilidad transfronteriza y obtener apoyo a nivel europeo (ICCT, 2017).

En un reporte del Centro de Soluciones Climáticas y Energéticas, se habla de que los posibles propietarios de camiones eléctricos al analizar los costos deben tomar en cuenta variables como: el costo inicial del vehículo, incentivos disponibles, el costo de arrendamiento versus el de la propiedad, los costos de la infraestructura de carga, costos de combustible, costos de mantenimiento y de personal. En suma, también es necesario tomar en cuenta que en promedio, los costos iniciales de los vehículos eléctricos (carga mediana y pesada) suelen ser el doble que los de sus contrapartes diésel. Ello debido en buena parte a los costos de la batería, sin embargo, gracias a los avances en estas, se espera que su costo se reduzca en el tiempo (Leung y Peace, 2020). Seguidamente, en el siguiente gráfico, se muestra un comparativo de costos de propiedad de distintos tipos de vehículos tomando en cuenta la existencia de incentivos como los subsidios, y normatividad como los estándares de combustible bajo en carbono (LCFS por sus siglas en inglés):

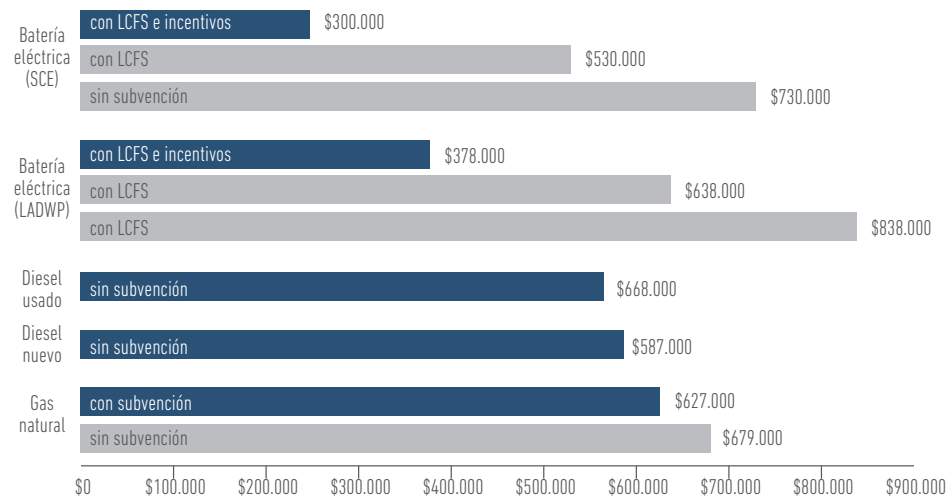


Fig 40. Costo total de propiedad de un camión de acarreo promedio respecto a distintas fuentes de energía, características de los vehículos y si es con o sin subsidios. Adaptado de: Leung y Peace (2020).

Otra variable a tomar en cuenta son los costos de la electricidad y del combustible diésel. Este último se ha caracterizado por un comportamiento variable en el tiempo, y por ser más altos que el de la electricidad en el período demostrado en la siguiente gráfica:

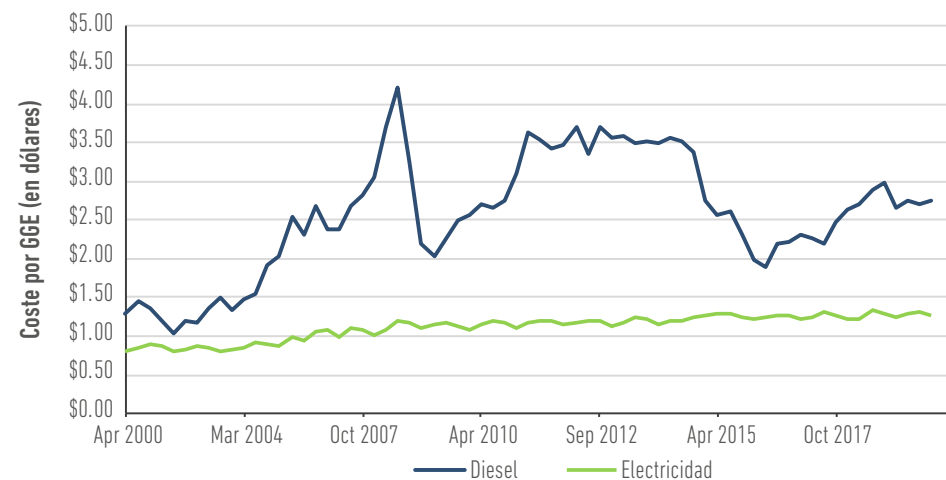


Fig 41. Precios promedio al por menor de combustibles en los Estados Unidos (Nacional) en los últimos 20 años. Adaptado de: Leung y Peace (2020).

La ICCT (2017), buscando la comprensión de los costos de los vehículos de servicio pesado de cero emisiones, analizó las tecnologías en un marco de costo de propiedad. Ello basándose en investigación y los datos disponibles sobre los costos, la eficiencia y las emisiones de la tecnología de los proyectos de demostración.<sup>12</sup> Las variables que se tomaron en cuenta para el análisis son: costo de capital (precio de compra del tractor-remolque), costos de mantenimiento y costos de combustible experimentados por el propietario durante la vida útil del vehículo (Se excluyen los impuestos sobre vehículos motorizados, los costos de seguros, los salarios de los conductores, los peajes y las tarifas de tránsito). Entre las tecnologías tomadas en cuenta no se tomó un escenario de de intercambio de baterías eléctricas en el análisis, debido a las incertidumbres que se pueden presentar en el sistema. En general, se hacen una serie de supuestos sobre el uso promedio anual, tecnología de eficiencia, y el costo del combustible para desarrollar modelos de costos ascendentes para las diversas tecnologías, en este caso para tres regiones: China, Europa y Estados Unidos.

<sup>12</sup> Mostrados anteriormente.



**Fig 42.** Costo total de propiedad de un camión de acarreo promedio respecto a distintas fuentes de energía, características de los vehículos y si es con o sin subsidios. Adaptado de: Leung y Peace (2020).

Los combustibles y tecnologías considerados son diesel, diesel híbrido, gas natural comprimido, gas natural licuado, catenaria eléctrica aérea, eléctrica de inducción dinámica y pila de combustible de hidrógeno. En general, en el gráfico se muestra que los escenarios diesel aumentan su costo con el tiempo, mientras que asociados a los combustibles alternativos se reducen, especialmente para el caso de las tecnologías de vehículos de cero emisiones muestran las mayores reducciones, donde se destaca la tecnología de celdas de combustible, debido tanto a las caídas esperadas en los costos de las celdas de combustible como a los costos del hidrógeno. Luego, se evidencia que en el gráfico, el gas natural, especialmente el gas natural licuado con encendido por compresión, ofrece constantemente uno de los costos de propiedad más bajos.

Por último, en cuanto a las recomendaciones del Foro Económico Mundial para la movilidad eléctrica se destacan las siguientes temáticas: Adoptar un enfoque de múltiples partes interesadas y específico al mercado, priorizar los vehículos de alto uso e implementar una infraestructura de carga crítica hoy mientras que se anticipa la transformación de la movilidad:

**Tabla 14.** Recomendaciones para la movilidad eléctrica. Adaptado de: (WEF, 2018),

Adoptar un enfoque multipartito y específico para el mercado	<p><b>Desarrollar un enfoque de múltiples partes interesadas en la estrategia de electrificación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar organizaciones internas para garantizar la convergencia de los objetivos de planificación energética, urbana y de movilidad</li> </ul> <p><b>Garantizar que las políticas municipales, regionales y nacionales se apoyen y refuercen mutuamente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear una plataforma nacional para la movilidad eléctrica con representación de las ciudades</li> </ul> <p><b>Evaluar las características locales para informar la acción</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar las características locales actuales y proyectadas en términos de infraestructura y diseño de la ciudad, sistema energético y cultura y patrones de movilidad.</li> </ul>
Dar prioridad a los vehículos de alto uso	<p><b>Centrarse en la electrificación de las flotas públicas y comerciales, incluyendo la movilidad como servicio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducir incentivos financieros y/o no financieros para los vehículos de alta utilización</li> </ul> <p><b>Completar la electrificación del sistema de transporte público</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantizar la financiación de los autobuses eléctricos y la infraestructura, y renovar la flota gradualmente a través de la contratación pública</li> <li>• Colaborar con los operadores de transporte público para definir los objetivos de electrificación de la flota</li> <li>• Implicar a los operadores de la red eléctrica y a los proveedores de electricidad para permitir la carga inteligente y los servicios auxiliares en las cocheras de los autobuses</li> </ul> <p><b>Permitir la integración de los vehículos eléctricos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar marcos normativos nacionales que permitan a las regiones y ciudades comenzar a probar e introducir los vehículos eléctricos.</li> <li>• Investigar el impacto de los vehículos eléctricos en la planificación del espacio y las infraestructuras urbanas.</li> </ul>
Despliegue de la infraestructura de carga crítica hoy, anticipándose a la transformación de la movilidad	<p><b>- Centrarse en reducir la ansiedad por la autonomía y promover la interoperabilidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar una red de recarga rápida a través de la financiación público-privada para conectar diferentes ciudades</li> <li>• Incluir la estandarización y la interoperabilidad en los requisitos mínimos</li> </ul> <p><b>Dar prioridad a los centros de recarga energéticamente eficientes con tecnologías de borde de red y carga inteligente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicar los centros de recarga en las afueras de las ciudades, conectados con los sistemas de transporte público y los medios de movilidad alternativos</li> <li>• Apoyar la evolución de los paradigmas reguladores para permitir nuevos servicios relacionados con la energía</li> <li>• Decidir el enfoque de los centros de recarga de la movilidad: cooperación pública, privada o pública y privada</li> </ul> <p><b>Desarrollar una experiencia de cliente digitalizada de principio a fin para mejorar el acceso a los servicios de recarga</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear una base de datos nacional de puntos de recarga públicos a través de la colaboración público-privada</li> <li>• Estandarizar y simplificar el pago de los servicios de recarga</li> </ul>

Entre las opciones para la descarbonización de la movilidad, se encuentra la implementación de los vehículos eléctricos, que no emiten gases tóxicos, y ayudan a mitigar el cambio climático. En el caso de los vehículos de carga pesada las tecnologías de vehículos eléctricos y de baterías de combustible de hidrógeno logran un gran aporte, ya que varias formas de estas tecnologías aprovecharán los desarrollos de la electricidad y las células de combustible en los carros, furgonetas comerciales ligeras y los autobuses. Los tipos de vehículos destacados son: vehículos eléctricos enchufables, eléctricos de carga por catenaria o en carretera y vehículos de baterías de combustible de hidrógeno.

En lo referente a la aplicación de estas tecnologías en el mundo, su fabricación en el mundo ha aumentado en los últimos diez años, y más en los últimos años. Los países y regiones que se destacan son China (con alrededor del 45% de autos en carretera en el 2018), le sigue Europa (con una representación del 22%), y en caso de América Latina se destaca Chile, con la mayor flota de autobuses eléctricos de la región. En general, en los sectores en los que se están implementando este tipo de movilidad, son principalmente gobierno, transporte de bienes, recolección de desechos y transporte de pasajeros (buses).

## b. Cuáles son los actores principales relacionados

- **Oficina del PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente) en América Latina y el Caribe:** pusieron en marcha la plataforma MOVE en 2016 para acelerar la transición a la movilidad eléctrica en la región; desde entonces, MOVE se encuentra posicionada como una comunidad práctica emblemática en la prestación de asistencia técnica, la movilización de recursos, la creación de capacidad y la creación de conocimientos sobre la movilidad eléctrica en la región (UNEP, 2020).
- **PNUMA (UNEP, por sus siglas en inglés):** El Programa de Movilidad Eléctrica apoya el paso de los países en desarrollo y en transición de los combustibles fósiles a los vehículos eléctricos, con el objetivo de promover la movilidad eléctrica. Esto incluye desarrollo de políticas, el intercambio de mejores prácticas, la experimentación de opciones tecnológicas, el seguimiento de la adopción de vehículos eléctricos, entre otros (UNEP, s.f.).
- **Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés):** trabaja con los gobiernos y la industria para dar forma a un futuro energético seguro y sostenible para todos; se encuentra en el centro del diálogo mundial sobre la energía y proporciona análisis, datos, recomendaciones de políticas y soluciones para ayudar a los países a proporcionar energía segura y sostenible (IEA, 2019b).
- **La Asociación Europea para la electromovilidad (AVERE por sus siglas en inglés):** es la asociación europea que promueve la movilidad eléctrica y el transporte sostenible. Sus miembros consisten en asociaciones nacionales que fomentan el uso de vehículos eléctricos, y actualmente cuentan con 17 países miembros, en particular algunos de los países de vehículos eléctricos más exitosos como Noruega, Francia, Holanda y Bélgica (AVERE, 2020).




**Londres:**

- **Digest of United Kingdom Energy Statistics (DUKES):** fuente esencial de información energética; entre toda su información contiene secciones separadas sobre carbón, petróleo, gas, electricidad, energías renovables y calor y energía combinados (GOV UK, 2020).
- **Department for Business, Energy and Industrial Strategy (BEIS):** El Departamento de Negocios, Innovación y Habilidades (BIS) y el Departamento de Energía y Cambio Climático (DECC) se han fusionado para formar el BEIS; el departamento está investigando el papel de los vehículos eléctricos en la transición a una economía baja en carbono y como parte de la Estrategia Industrial del Gobierno (Parliament UK, 2017).
- **Office for Low Emission Vehicles:** trabaja en todo el gobierno para respaldar el mercado inicial de vehículos de emisiones ultra bajas (ULEV); hace parte del Departamento de Transporte y del Departamento de Estrategia Comercial, Energética e Industrial (GOV UK, s.f.).


**Beijing:**

- **Beijing Municipal Government:** anunció un plan de acción de cinco años en septiembre de 2013 donde se fijaban objetivos específicos, algunos de los elementos más importantes del plan estaban dirigidos al sector del transporte. Por ejemplo, aquellos que deseaban comprar un automóvil eléctrico, logran obtener una placa más fácilmente con el objetivo de alentar a los ciudadanos a cambiar a modos de transporte más limpios. Asimismo, se implementó el autobús con el “logotipo azul” (autobús eléctrico) el cual forma parte de la red de autobuses públicos de Beijing (UN Environment, s.f.).


**Madrid:**

- **Comunidad de Madrid y Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Sostenibilidad:** se planea la adquisición de vehículos eléctricos cero emisiones para movilidad dentro del Plan de Reactivación de la Comunidad de Madrid tras la crisis del COVID-19 (Comunidad de Madrid, 2020).


**Sydney:**

- **NSW government:** La Estrategia Future Transport 2056 se centra en seis resultados clave para el futuro de la movilidad en el estado, que juntos tienen como objetivo impactar positivamente la economía, las comunidades y el medio ambiente de Nueva Gales del Sur. Un plan que se encuentra dentro de esta estrategia es El Plan de vehículos eléctricos e híbridos de NSW con el objetivo de aprovechar la creciente disponibilidad de transporte alternativo, como vehículos eléctricos e híbridos (Future Transport, s.f.).


**Copenhague:**

- **The Capital Region of Denmark:** es el punto de contacto central para la movilidad eléctrica en la región capital de Dinamarca; hace parte de parte de la estrategia de desarrollo regional de la Región Capital de Dinamarca (crear una metrópolis verde e innovadora con alta calidad de vida) (La Región Capital de Dinamarca, s.f.).
- **City of Copenhagen:** la ciudad de Copenhague está cooperando con otros municipios y empresas tanto a nivel nacional como internacional. A nivel de la UE, la ciudad participa en tres proyectos destinados a promover los vehículos eléctricos y desarrollar una infraestructura de carga europea común, y un proyecto destinado a promover los coches de hidrógeno (State of Green, s.f.).

 **Japón:**

- **Asociación para la Promoción de los Vehículos Eléctricos:** En la industria automotriz japonesa, la aparición del Prius híbrido lanzado en diciembre de 1997 marcó el comienzo de una era de vehículos ecológicos de próxima generación. Los fabricantes de automóviles japoneses han comenzado la producción en masa de vehículos eléctricos, como el Mitsubishi i-MiEV y el Nissan LEAF, por delante de otros competidores mundiales. Además, el uso de vehículos de pila de combustible también comienza a extenderse ampliamente (APEV, 2020).
- **Ministerio de Economía, comercio e industria (METI por sus siglas en inglés):** Para el año 2050, Japón tiene como objetivo realizar una política de “Cero emisiones del pozo a la rueda” en línea con los esfuerzos globales para eliminar las emisiones, con un enfoque en el suministro de energía y la innovación de vehículos. La cooperación entre los sectores público y privado de Japón ya ha avanzado hacia este objetivo (METI, 2018). Adicionalmente, para el 2019 el METI en colaboración con los fabricantes de automóviles, las empresas energéticas, las empresas, los municipios y otras entidades comprometidas de forma proactiva en los esfuerzos para la utilización de los vehículos electrificados (xEV), pusieron en marcha un nuevo organismo denominado “Consejo para promover la utilización de vehículos eléctricos por parte de la sociedad ”para avanzar en la difusión de xEV y abordar tales expectativas sociales (METI, 2019)

Respecto a los Vehículos comerciales de cero emisiones de servicio pesado en desarrollo o producción según el reporte de la ICCT (2017), estos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 15.** Vehículos comerciales de cero emisiones de servicio pesado. Adaptado de: ICCT (2017).

Empresa	Tecnología	Estado actual	Alcance (KM)	Química de la batería	VEL MÁX (KM / H)	Tiempo de carga	Torque (NM)	Potencia de salida (KW)	Batería KWH	Peso del vehículo (TON)	Capacidad de carga (TON)	Fuente
Artesano	Embrague eléctrico de batería Clase 8		129-161						250			Artesano (2016)
BYD	Tractor de terminal eléctrico (camión de patio)	Producción	15	FePO4	53	1-2 h	1500	180	209	46	9	BYD (2016a)
BYD	Camión eléctrico Clase 8	Producción	148	FePO4	90	2,5 horas	2,999	359	188	54	11	BYD (2016d)
Cargar	Camión eléctrico	2017	160							3,5-26		Carga (2016)
Daimler	Camión de servicio pesado completamente eléctrico	2020	200	Li-Ion			2 x 500	2 x 125	212	26		Daimler (2016a, 2)
Dennis Eagle, PVI, Phoenix	Camión de basura eléctrico	Producción	> 150	Li-ion	90	6-8 h			170/255	26,8	9,7	Norsk elbilforening
E-Force	Camión eléctrico Clase 8	Producción	300 (ciudad) 200 (autopista)	LiFePO4			630	300	240	18	10	E-Force (2015)
EMOSS	Camión eléctrico a batería	Producción	150	LiFePO4	87	6 horas (44 kW)	950	150	120	12	6.6	EMOSS (2016)
EMOSS	Camión eléctrico a batería	Producción	200	LiFePO4		2,8 / 5,5 horas	950	150	160	12	6	EMOSS (2016)
EMOSS	Camión eléctrico a batería	Producción	250	LiFePO4		3,6 / 7,3 horas	950	150	200	12	5.4	EMOSS (2016)
ESORO	Camión de celda de combustible de clase 8	Producción	375-400	LiFePO4		4.5 / 9 h		250	120 (35 kilogramos)	34 t		ESORO (2017)
Ginaf	Camión de reparto eléctrico	Producción	105	LiFePO4		10 minutos	1.400 (3.400)	155 (280)	120	13,5 toneladas	7.7	Ginaf (2017)
Ginaf	Camión de reparto eléctrico	Producción	135	LiFePO5			1.400 (3.400)	155 (280)	156	13,5	7.7	Ginaf (2017)
Ginaf	Camión de reparto eléctrico	Producción	150	LiFePO6	80	8 h (2,5 50%)	1.400 (3.400)	155 (280)	180	13,5	7.7	Ginaf (2017)
Motiv Power. Cumberland	Camión de basura eléctrico Clase 8		80-130				3000	280	170/212	30	20	Motiv (2016b)
Nikola Motor Company	Semirremolque eléctrico de pila de hidrógeno	2020	1290-1930	Li-Ion			2700	746	320	37-39	29	Nikola (2016)
Renault	Camión frigorífico totalmente eléctrico		100	Li-Ion				103	150	dieciséis	5.5	Renault Trucks (2011)
Renault	Camión totalmente eléctrico		120	Li-Ion				103	170	16,3	6	Kane (2014)
Symbio FCell	Camión de residuos de hidrógeno eléctrico enchufable		150	Li-Ion	80	7 h		40	85	26	17	Symbio FCell (2016)
Toyota	Camión holandés de celda de combustible de clase 8	2017	> 320				1800	500	12	36		Toyota (2017)
TransPower	Camión holandés eléctrico		110-160	iones de litio (LFP)				300	215-270	36	26	TransPower (2015)
Híbrido de EE. UU.	Camión holandés eléctrico de pila de combustible	Desarrollo	320	Li-ion	97	<9 min		320	30 (25 kilogramos)	36		Híbrido de EE. UU. (2016d)
Híbrido de EE. UU.	Camión eléctrico de batería Clase 8	Desarrollo	161 <@ 27t)	Li-ion	97			320	240	36		Híbrido de EE. UU. (2016b)

### 5.2.2. Tendencias en investigación

Teniendo en cuenta que estas tecnologías están en constante desarrollo, es importante conocer cuáles son aquellas temáticas en las que se profundiza, de esta forma es posible identificar posibles experiencias asociadas a nivel local, además de identificar aquellas instituciones e investigadores más referenciados para la temática. Es así como, a continuación, se realiza un barrido por las principales publicaciones científicas asociadas con las investigaciones top de la temática.

Desde una perspectiva de la base de datos de la plataforma Lens, en lo referente a los trabajos académicos, y tomando en cuenta las palabras clave presentadas a continuación, se obtienen las visualizaciones y conclusiones sobre los trabajos académicos contenidos en la misma:

#### Palabras clave: Electric Vehicle, Heavy duty

En este caso, ha realizar una búsqueda en el título, resumen, palabras clave y campo de estudio, con los términos mencionados anteriormente, la búsqueda arrojó 258 resultados

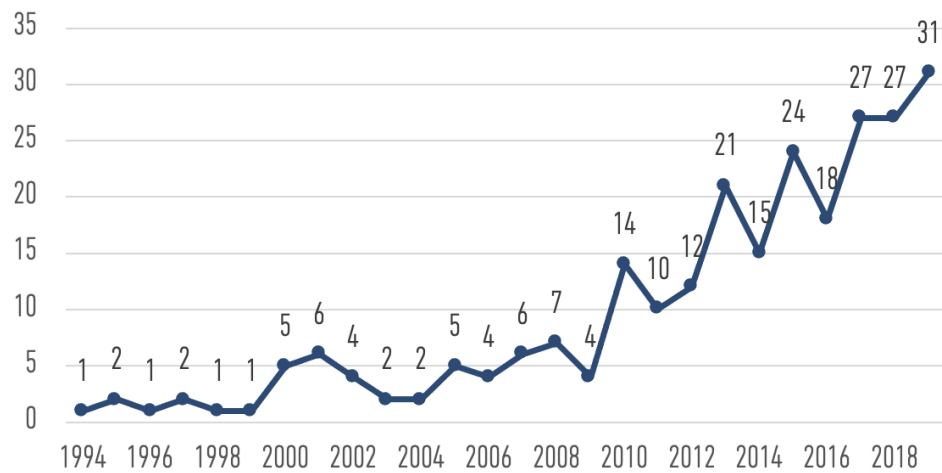


Fig 43. Dinámica de publicaciones relacionadas con Vehículos eléctricos de carga. Elaboración propia con datos Lens

En lo referente a las temáticas más tratadas según los resultados de la búsqueda, encontramos: Ingeniería, Ingeniería automotriz, vehículo eléctrico y camión, entre otros. En suma, otras temáticas que son de interés o son posiblemente apalancadores de ciertas investigaciones son: camiones pesados, baterías (electricidad), eficiencia de combustible, ingeniería de control y tren motriz.

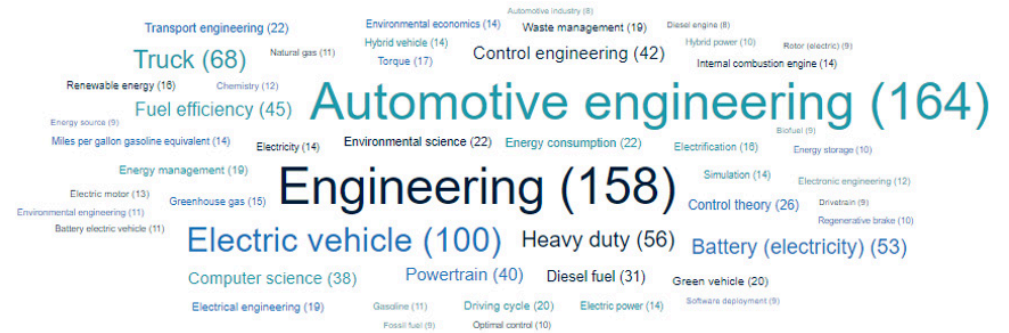


Fig 44. Mapa de temas claves a partir de la ecuación de búsqueda. Adaptado de: Lens.org (2020)

Por otro lado, se encontraron que algunas de las instituciones más activas por número de documentos, son: la Universidad de Michigan, Laboratorio Nacional de Argonne, y el Laboratorio Nacional de Energía Renovable; luego, una buena parte de las instituciones mostradas en el gráfico se ubican en Estados Unidos. En el caso de la primera institución, la Universidad de Michigan, tomando en cuenta el filtro temático inicial, trabaja principalmente los temas de: ingeniería automotriz, ingeniería de control, ingeniería, y vehículos eléctricos; y cuenta con autores relevantes como: Hwei Peng (por conteo único de citación), Dohoy Jung y Sungjin Park (más activos).



Fig 45. Instituciones Top por conteo de documentos. Adaptado de: Lens.org (2020)

Luego, los países más activos son: Estados Unidos, China, Alemania y Canadá. En este caso vemos un fuerte en América del Norte.



Fig 46. Top países de origen de las instituciones por conteo de documentos. Adaptado de: Lens.org (2020)

En este caso, el comportamiento en el tiempo de los trabajos académicos relacionados se encontró una tendencia creciente en el tiempo, principalmente en los últimos años, y la serie sin cortes comienza desde el año 1992 ; adicionalmente, en el 2019 se alcanzó el pico más alto. En cuanto a los trabajos por tipo de publicación, predominan los artículos en revistas académicas, los de tipo desconocido, y las actas de congresos, que han aumentado en el tiempo.

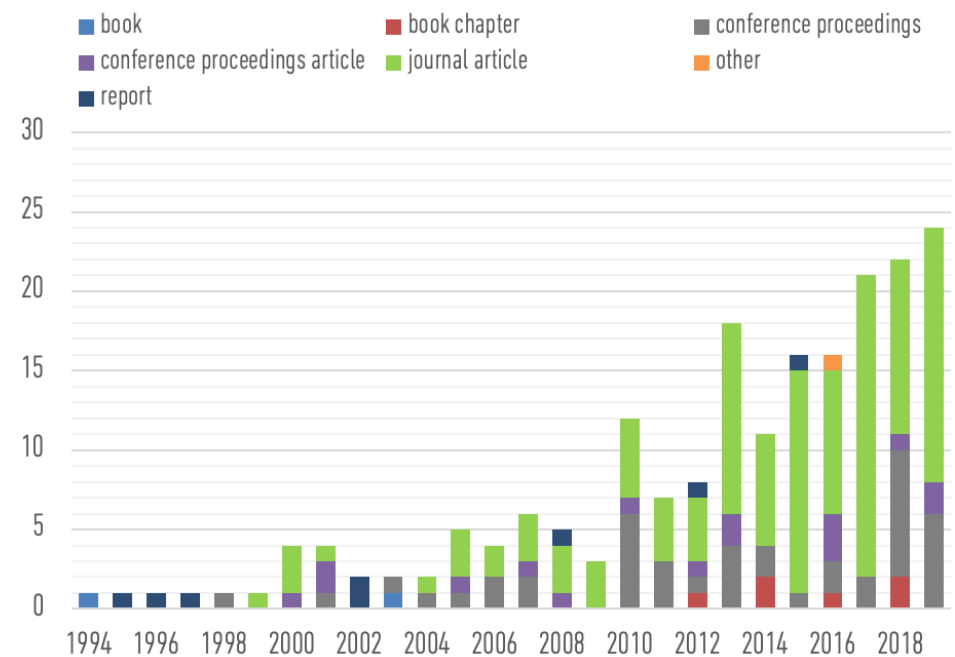


Fig 47. Línea de tiempo de los trabajos académicos, dividida por tipo de publicación. Adaptado de: Lens.org (2020)

Seguidamente, en cuanto a los autores con más citaciones (por conteo único), se evidencia a Ali Emadi con gran ventaja relativa a los demás autores. Este autor trabaja temas como: ingeniería automotriz, ingeniería, sistema de energía eléctrica, informática, transmisión, topología de red, entre otros, y tiene afiliaciones con instituciones como: el Instituto de tecnología de Illinois y la Universidad de Macmaster.

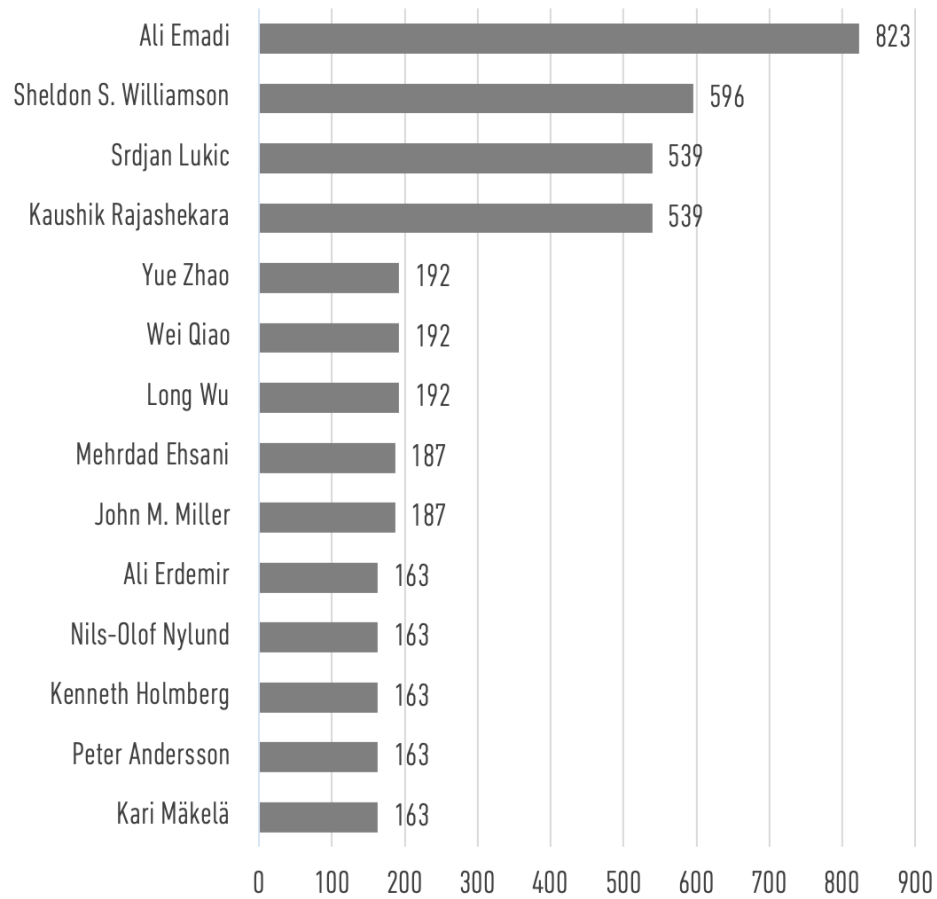


Fig 48. Top de autores por conteo único de citación. Adaptado de: Lens.org (2020)

Las instituciones más activas por tipos de publicación más destacadas se muestran en el siguiente gráfico, donde el tema más importante en cuanto a conteo de documentos es ingeniería automotriz, y le continúan ingeniería y camiones. Asimismo, las instituciones que aparecen más veces son: la Universidad de Michigan (verde claro) y el Laboratorio Nacional de Argonne (azul oscuro).

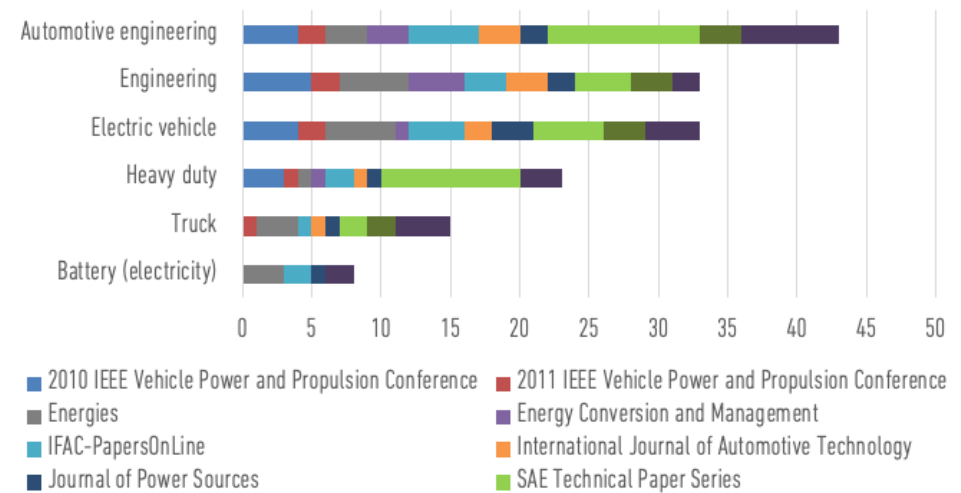


Fig 49. Campos de estudio cubiertos por las universidades más activas. Adaptado de: Lens.org (2020)

En el siguiente gráfico, se clasifican las instituciones por tipo como un acercamiento a qué clase de agentes tienen interés en la temática, donde se destacan las instituciones educativas y los laboratorios e instalaciones de investigación y supervisión. Adicionalmente, las instituciones educativas trabajan principalmente de ingeniería en general e ingeniería automotriz, en el caso de las compañías trabajan en temas de ingeniería, luego, tanto las instalaciones como el gobierno trabajan el tema de ingeniería automotriz, y en cuanto a las instituciones sin ánimo de lucro, estas trabajan temas relacionados a baterías (electricidad).



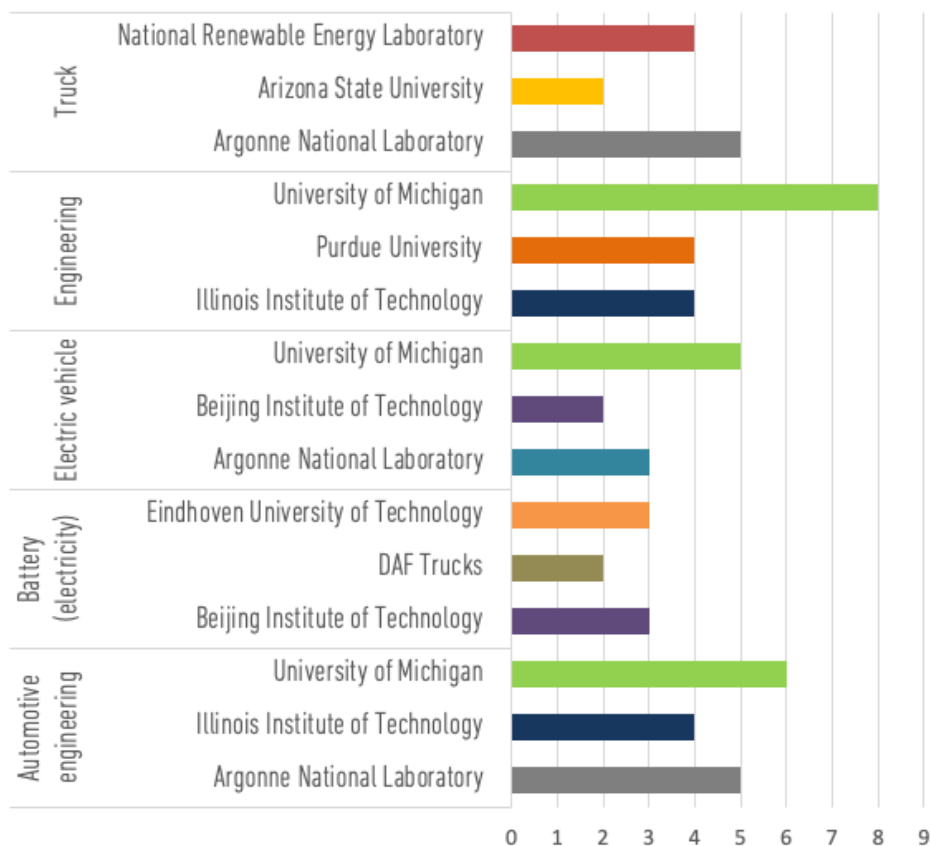


Fig 50. Tipos de instituciones top por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org

En lo referente a estudios de factibilidad, la ICCT (2017), habla de que existen en la actualidad hay pocos vehículos comerciales de servicio pesado con cero emisiones en las carreteras, pero existe una variedad de estudios relativamente recientes<sup>13</sup> que han considerado la viabilidad ambiental y de reducción de emisiones de una serie de tecnologías. Luego, en la siguiente gráfica se enumeran los resultados de una revisión de literatura, donde se toman en cuenta algunos estudios de investigación técnica relacionados y se identifican los tipos de vehículos, las tecnologías y los análisis de cada informe revisado:

13 Específicamente cinco años antes de la fecha del informe (2017), según los autores.

Tabla 16. Estudios cuantitativos de los vehículos de tracción eléctrica medianos y pesados. Adaptado de: ICCT (2017).

Estudio	Región	Período de tiempo	Tipo de vehículos			Tecnología			Análisis		
			LCV	MDV	HDV	Batería eléctrica	Pila combustible	Cate-nary	Costo	C02	Flota
Den Boer, Aarnink, Kleiner y Pagenkopf, 2013	Europa	2030		X	X	X	X	X	X	X	
Fulton y Miller, 2015	California	2050			X	X	X		X	X	X
Gladstein, Neandross y asociados, 2012	California	2020			X	X	X	X	X		X
Wood, Wang, Gonder y Ulsh, 2013	Estados Unidos	Presente	X	X		X	X		X		
Silver y Brotherton, 2013	California	2050		X	X	X				X	X
Kleiner et al, 2015	Europa, Corea del Sur, Turquía	Presente	X			X	X		X		X
CARB, 2015a	California	2030		X	X	X			X		X
CARB, 2015b	California	2025		X	X		X		X		X
Zhao, Burke y Zhu, 2013	Estados Unidos	Presente			X	X	X		X	X	
Connolly, 2016	Dinamarca	2050			X	X		X	X	X	
Lofstrand et al., 2013	Suecia	2025		X	X	X			X		
Sen, Ercan y Tatari, 2016	Estados Unidos	2040			X	X			X	X	
Lee y Thomas, 2016	Estados Unidos	Presente		X		X			X	X	

En esta tabla se dan detalles del contenido y el análisis que contienen estudios relacionados al tema, donde se destacan ubicaciones como Estados Unidos y Europa, periodos de tiempo presentes o al 2050, tipo de vehículo pesado, tecnología de batería eléctrica, y es recurrente el análisis de los costos de los vehículos y tecnologías. También es necesario tomar en cuenta que debido a situaciones y tecnologías inciertas, las estimaciones de costos y las conclusiones varían entre los informes, en suma, también varían las condiciones iniciales de los estudios como por ejemplo la región, los tipos y los supuestos de modelación ICCT, 2017).

### 5.2.3. Tendencias en Desarrollo Tecnológico

Una vez analizadas las tendencias teóricas, es necesario expandir y analizar las patentes relevantes a las temáticas, ya sea desde grandes avances en el desarrollo de nuevas tecnologías, como complementos y técnicas que permiten mejorar la eficiencia y eficacia de los vehículos. Desde una perspectiva de la base de datos de la plataforma Lens, en lo referente a las patentes y tomando en cuenta la siguiente ecuación de búsqueda, se obtienen las siguientes visualizaciones y conclusiones sobre la misma:

**Palabras clave:** Electric vehicles, hybrid electric vehicles, hydrogen vehicles, Charging stations, heavy duty

Patents (1,716) = ( Title: ( “heavy duty vehicle” OR ( truck OR “Electric Highway” ) ) OR ( Abstract: ( “heavy duty vehicle” OR ( truck OR “Electric Highway” ) ) OR Claims: ( “heavy duty vehicle” OR ( truck OR “Electric Highway” ) ) ) ) AND IPCR Classifications: ( B60K1\* OR Y02T10\* ) )

Tomando en cuenta los últimos cuatro años, la evolución de la totalidad de patentes en el tiempo tuvo un comportamiento generalmente creciente (la excepción es el año 2015), cuya tendencia se agudizó en los dos últimos años, especialmente en el 2016.

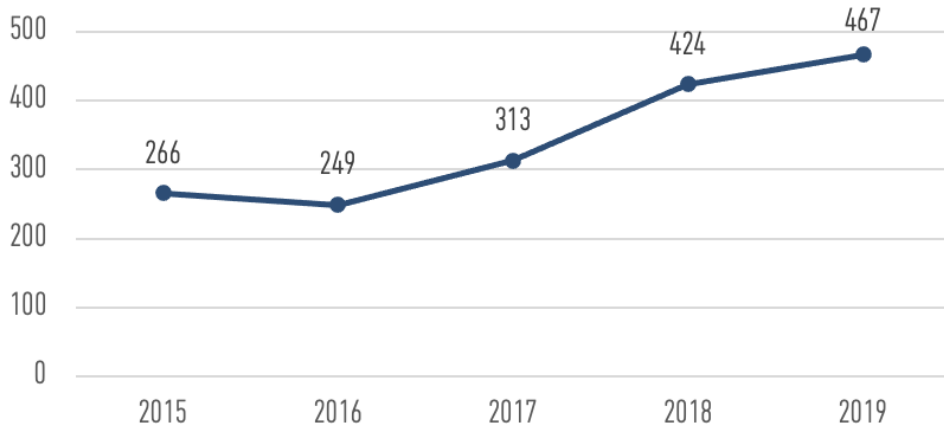


Fig 51. Patentes publicadas en el tiempo. Adaptado de Lens.org (2020)

Por otra parte, respecto a las jurisdicciones más destacadas se encuentran los Estados Unidos, Japón y Europa.

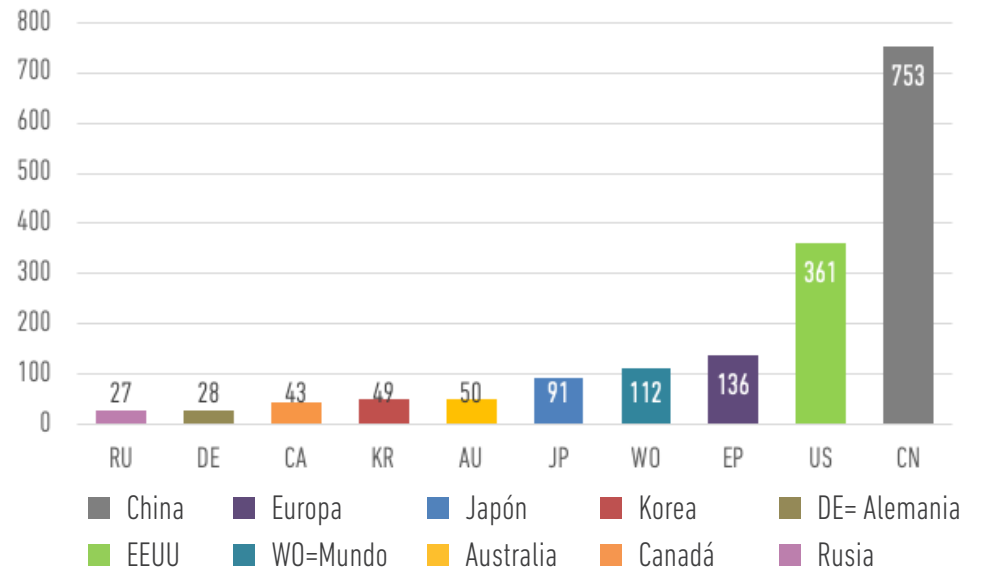


Fig 52. Jurisdicciones Top en el mundo por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org (2020)

Los inventores más destacados son los siguientes: Switkes Joshua P., Erlien Stephen M. y Kugelstadt Kai. El primer autor, tomando en cuenta los criterios de búsqueda, ha trabajado patentes de los siguientes tipos: Control de posición, rumbo, altitud o actitud de vehículos terrestres, acuáticos, aéreos o espaciales, por ejemplo, sistemas de navegación por radio piloto automático o sistemas análogos que utilizan otras ondas, específicamente control de posición o rumbo en dos dimensiones (G05D1/02) y seguir automáticamente la trayectoria de un vehículo líder precedente, por ejemplo: “barra de remolque electrónica” (B60W30/165); el siguiente autor ha trabajado patentes de los siguientes tipos: G05D1/02, y Sistemas de control de tráfico para vehículos de carretera Disposición de señales de tráfico o señales de tráfico (G08G1/00);

El tercer autor, ha trabajado patentes de los siguientes tipos: la disposición o montaje de las unidades de propulsión eléctrica tiene prioridad la disposición o el montaje de una pluralidad de motores primarios diversos para disposiciones de transmisión eléctrica de propulsión mutua o común equipo eléctrico o propulsión de vehículos de propulsión eléctrica per se colectores de corriente para líneas de suministro de energía de vehículos de propulsión eléctrica (B60K1/00) y Disposición en relación con la refrigeración de las unidades de propulsión que calientan la refrigeración del espacio interior de los motores de combustión interna propiamente dichos, específicamente con refrigeración líquida (B60K11/02). Los dos primeros autores pertenecen a la organización Pelotónz Technology Inc, y el tercero pertenece a Liebherr-mining Equipment Colmar Sas.

Finalmente, tomando en cuenta la clasificación IPCR, los tipos de patentes que más se encontraron son: De los medios de almacenamiento eléctrico para la propulsión intercambio de baterías para la propulsión eléctrica de vehículos con fines auxiliares únicamente para el suministro o extracción de baterías de vehículos (B60K1/04), La disposición o montaje de las unidades de propulsión eléctrica tiene prioridad la disposición o el montaje de una pluralidad de motores primarios diversos para disposiciones de transmisión eléctrica de propulsión mutua o común equipo eléctrico o propulsión de vehículos de propulsión eléctrica per se, colectores de corriente para líneas de suministro de energía de vehículos de propulsión eléctrica (B60K1/00), y Bastidor del chasis de los depósitos de combustible con compartimento de almacenamiento de líquidos (B60K15/03).

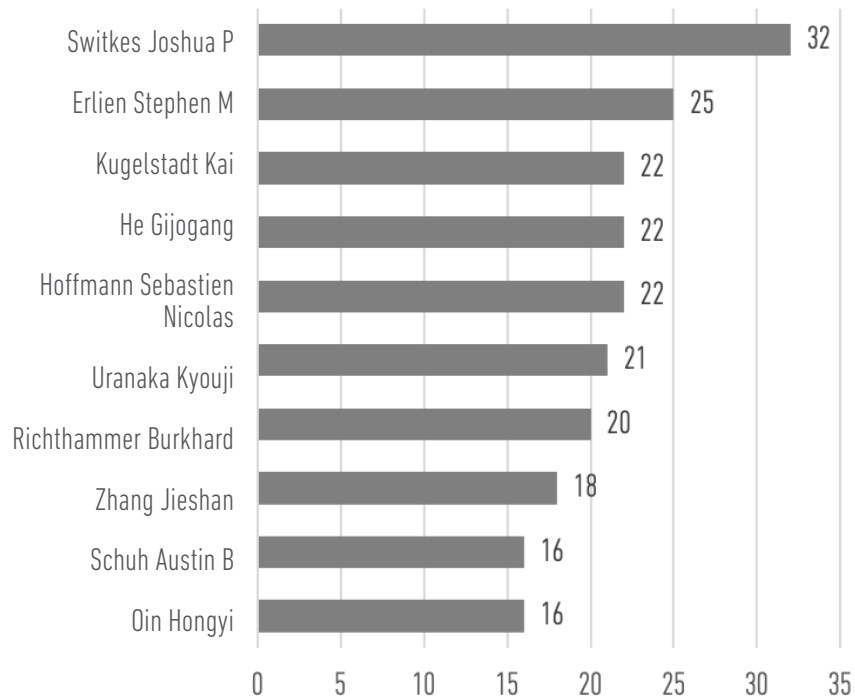


Fig 53. Inventores top por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org (2020)

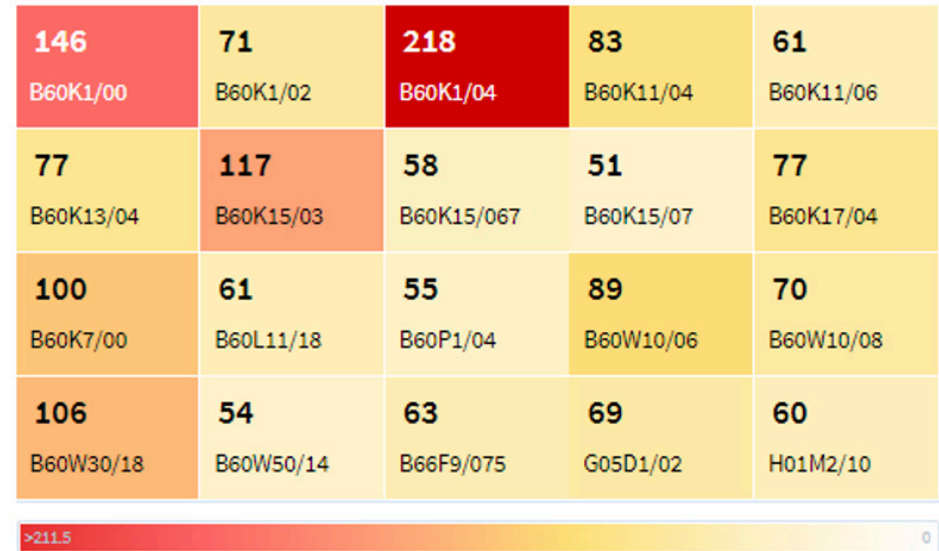


Fig 54. Clasificaciones IPCR top por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org (2020)

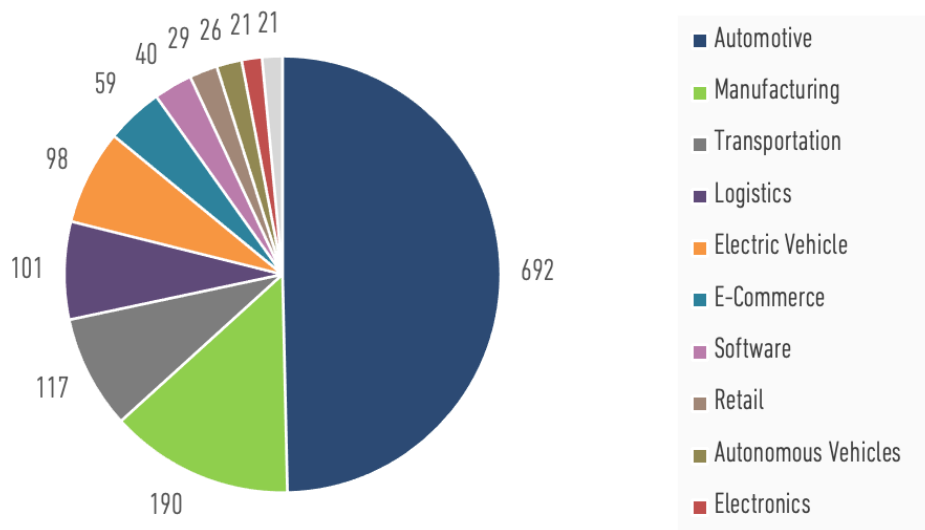
### 5.2.4. Tendencias en Innovación

Gracias a información obtenida en la base de datos arrojado por Crunchbase , se logró obtener información valiosa para realizar diferentes análisis a partir de los siguientes filtros:

**Palabras claves:** electric car, truck, electric highway, charging stations, electric truck

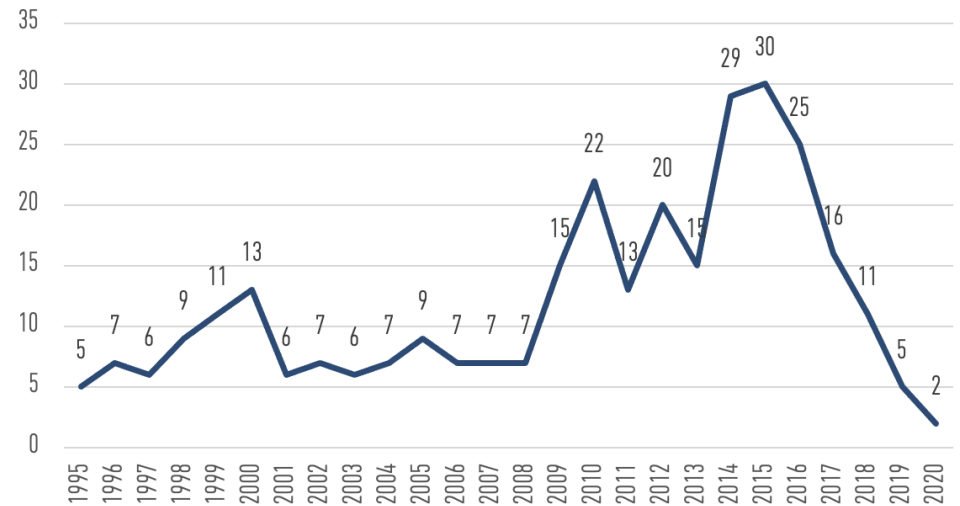
**Industrias:** automotive, electric vehicle

A partir de estos filtros, se logró obtener información donde se identifica un aumento en la creación de empresas relacionadas a movilidad eléctrica de carga a través del tiempo. A continuación, se indica el top 10 de áreas de sectores con mayor actividad empresarial y de innovación, donde se encuentran: Automotriz, Fabricación, Transporte, Logística, Vehículos eléctricos, Comercio electrónico, Software, Venta al por menor, y Vehículos autónomos.



**Fig 55.** Top 10 de las industrias con mayor participación en las empresas. Fuente: elaboración propia a partir de Crunchbase.

Seguidamente, la dinámica de emprendimiento a través de los años muestra también un crecimiento somero entre 1960 y 2000, sin embargo, cerca al 2009 es donde se evidencia un crecimiento más acentuado a través del tiempo de la creación de empresas aun teniendo en cuenta la caída en algunos años (que sólo son mayores al final del periodo). A pesar de evidenciar un pico máximo en el 2015, a partir del 2016 decreció el número de empresas creadas pasando de 25 a 5 para el 2019.



**Fig 56.** Cantidad de empresas fundadas entre 1960 a 2019. Fuente: elaboración propia a partir de Crunchbase.

Algunas de las empresas ubicadas en su etapa inicial (Early Stage Venture) o startup, que obtuvieron una última financiación de capital social (Equity Funding Amount) de alto valor en comparación con las otras, son: LeSee es el primer auto que tiene como objetivo mostrar cómo podría ser el futuro de la movilidad; la última fecha de financiación de la compañía fue en el 2016 por un monto total de \$ 1.080.000.000 USD.

Seguidamente se encuentra Ike, la cual está construyendo tecnología para automatizar el transporte de carga por carretera de larga distancia en asociación con la industria con el objetivo de que sea seguro y confiable; para el 2019 recibió su última financiación por un monto total de \$52.000.000 USD. Finalmente, City Transformer es una empresa de tecnología automotriz que inicia una nueva era de movilidad urbana con un vehículo eléctrico plegable; la última fecha de financiación de la compañía fue en el 2018 por un monto total de \$2.380.000.

Por otro lado, los inversionistas que más han incursionado en diferentes empresas se muestran en el siguiente top 5 donde encabeza La Autoridad de Investigación y Desarrollo Energético del Estado de Nueva York (NYSERDA por sus siglas en inglés), la cual es una corporación de beneficio público que promueve la eficiencia energética y el uso de fuentes de energía renovables; NYSEDA trabaja con partes interesadas en todo Nueva York, incluidos residentes, propietarios de negocios, desarrolladores, funcionarios del gobierno local, empresarios, entre otros, con el objetivo de desarrollar, invertir y fomentar la inversión de capital del sector privado necesaria expandir la economía de energía limpia, entre otros objetivos. Seguidamente se encuentra Business Finland, la cual es una agencia de financiación finlandesa especializada en las comunidades de investigación, la industria y los sectores de servicios.

Asimismo, se encuentra la plataforma mundial Techstars para la inversión y la innovación, que ayuda a las empresas a crecer conectado con otros empresarios, expertos, mentores, ex-alumnos, inversores, líderes comunitarios y socios corporativos. Por otro lado se encuentra Right Side Capital Management, empresa de inversión de nueva tecnología centrada exclusivamente en la etapa de pre-semilla y el Grupo Volkswagen, empresa automotriz multinacional alemana el cual diseña, fabrica y distribuye vehículos comerciales y ofrece servicios relacionados que incluyen financiamiento.

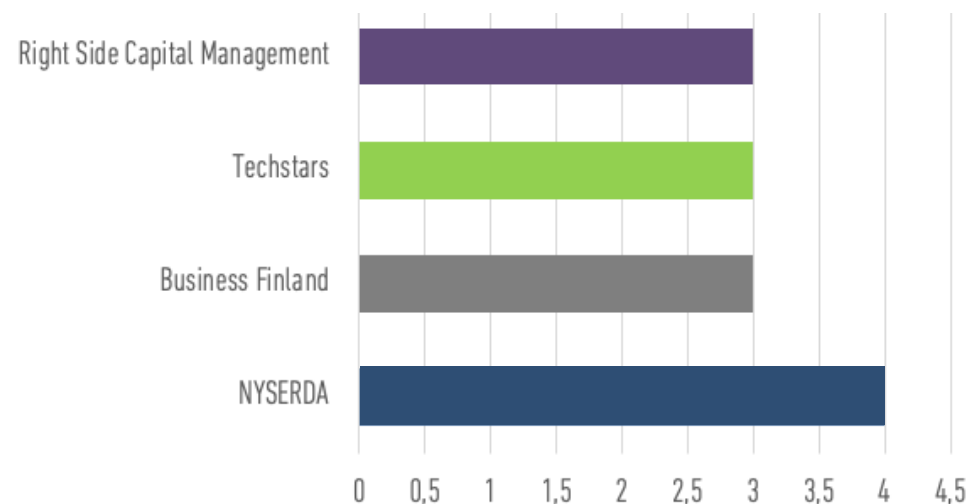


Fig 57. Clasificaciones IPCR top por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org (2020)

Finalmente, tomando en cuenta un total de 614 empresas encontradas en crunchbase, en un rango de tiempo 1902 a 2019, los países más activos en términos de emprendimiento e innovación se encuentran ubicados en primer lugar en Estados Unidos con 388 empresas, luego se encuentra Canadá con 28 empresas, Alemania y China con 22 y 21 respectivamente. En los 4 países nombrados anteriormente, sus industrias top encuentran consistencia en los filtros proporcionados inicialmente, siendo los más importantes el sector Automotor y Vehículos eléctricos. Es importante señalar que, aunque estas industrias son las principales mostradas por la base de datos de crunchbase, existe una gran variedad de empresas cuya finalidad se encuentra relacionada con varias industrias al mismo tiempo.

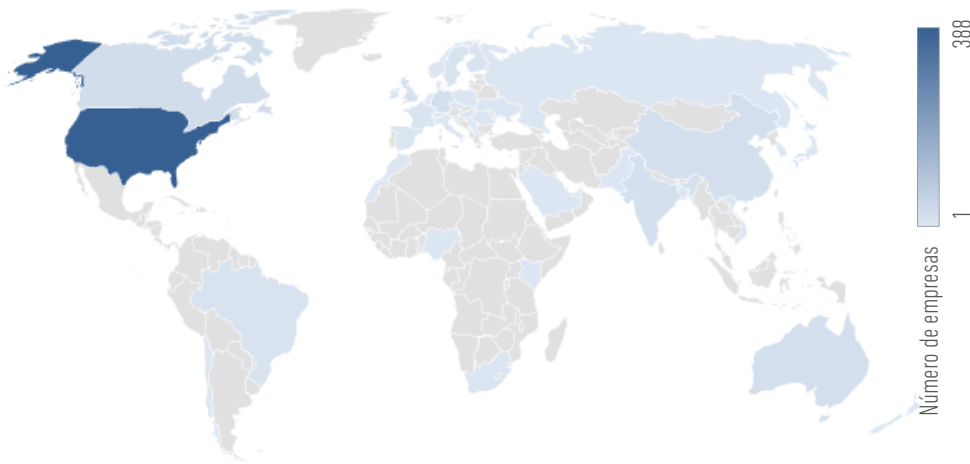


Fig 58. Mapa actividad Empresarial, Fuente: elaboración propia a partir de Crunchbase.

Aunque hasta el momento la plataforma de bases de datos de Crunchbase no cuenta con registros de empresas provenientes de Colombia, se logró obtener información 2 de países latinoamericanos como Brasil y Chile. Brasil cuenta con una serie de empresas que dentro de su actividad incluye industrias como automotriz, vehículos eléctricos y vehículos autónomos; por otro lado, Chile no solo tiene un enfoque en automotriz, sino también en servicios de datos en la nube y logística.

Finalmente, otras empresas que han sido destacadas en el reporte de GrennBiz (2020), son:



**BYD:** Es el mayor fabricante de vehículos eléctricos del mundo (volumen vendido); incluye su cabina diurna Clase 8 eléctrica de batería de largo alcance, un camión Clase 6, un tractor terminal y dos modelos de camiones de basura totalmente eléctricos.



**Chanje:** tiene como objetivo electrificar la industria de la entrega de paquetes; su furgoneta eléctrica de servicio mediano V8100 de casi 30 pies de largo de la compañía puede transportar una carga útil de 3 toneladas. Además, el paquete de baterías de iones de litio de la camioneta tiene suficiente carga para un alcance de 150 millas.



**Daimler:** en el 2018 anunció su vehículo totalmente eléctrico de 18 ruedas: el Freightliner eCascadia. El camión tiene un alcance de 250 millas y fue diseñado para transporte regional y servicio portuario. El otro modelo eléctrico de Daimler, el Freightliner eM2 106, tiene un alcance de 230 millas y está diseñado para distribución y entregas locales.



**Motores Nikola:** cada semirremolque cuenta con capacidades eléctricas de celda de combustible de hidrógeno o totalmente eléctricas, y sus rangos anticipados son de entre 500 y 700 millas.



**Workhorse Group:** ha fabricado una camioneta pickup eléctrica enchufable Workhorse W-15, y también está desarrollando una camioneta de reparto totalmente eléctrica llamada C1000. Y está construyendo 950 furgonetas de reparto eléctricas para UPS.



### 5.2.5. Tendencias en habilidades requeridas

Entre los cambios que se están introduciendo gracias a los vehículos eléctricos y la electrificación es el potencial de proporcionar ganancias en la eficiencia del transporte de mercancías, la reducción de emisiones y mejoras de rendimiento. Luego, vehículos eléctricos híbridos (HEV por sus siglas en inglés) y los vehículos eléctricos enchufables (PEV por sus siglas en inglés) han comenzado a tener éxito en el mercado; sin embargo, la tecnología para vehículos de carga media y pesada de grado comercial requerirá una considerable I + D antes de que se pueda lograr una adopción más amplia, debido a temas claves como lo son: los costos, la energía requerida para recorrer grandes distancias, la durabilidad de la batería, capacidad de carga, sostenibilidad en la cadena de suministro y eficiencia y durabilidad en general. También, es necesario tomar en cuenta que, en su mayoría, las demostraciones se han producido en pequeños volúmenes, y muchos de los proveedores tecnológicos han sido pequeñas empresas con capacidad limitada de soporte a largo plazo y no han establecido diseños de tren motriz estables o cadenas de suministro consistentes (Departamento de Energía de Estados Unidos, 2019). Ello quiere decir que las habilidades necesarias están muy relacionadas a las áreas de investigación tanto desde la misma construcción del vehículo, como del suministro de energía.



En el caso de California, el ICF realizó un análisis económico de escenarios con políticas actuales, diésel, gas natural, electricidad y máximo de electricidad, en donde se tomaron en cuenta las siguientes variables: Gasto directo total, Empleo, Renta laboral, Producto regional bruto y Actividad industrial. En el caso del empleo, se muestra en una gráfica los impactos acumulados en el empleo (año de trabajo, el cual no es directamente equivalente a un nuevo trabajo, sino que es una oportunidad de trabajo a tiempo completo para una persona durante un año) para cada escenario en relación con el escenario de Políticas Actuales, tanto los directos como indirectos inducidos en relación con el escenario de Políticas Actuales de 1,66 millones de años-trabajo de 2019 a 2050 (ICF, 2019).

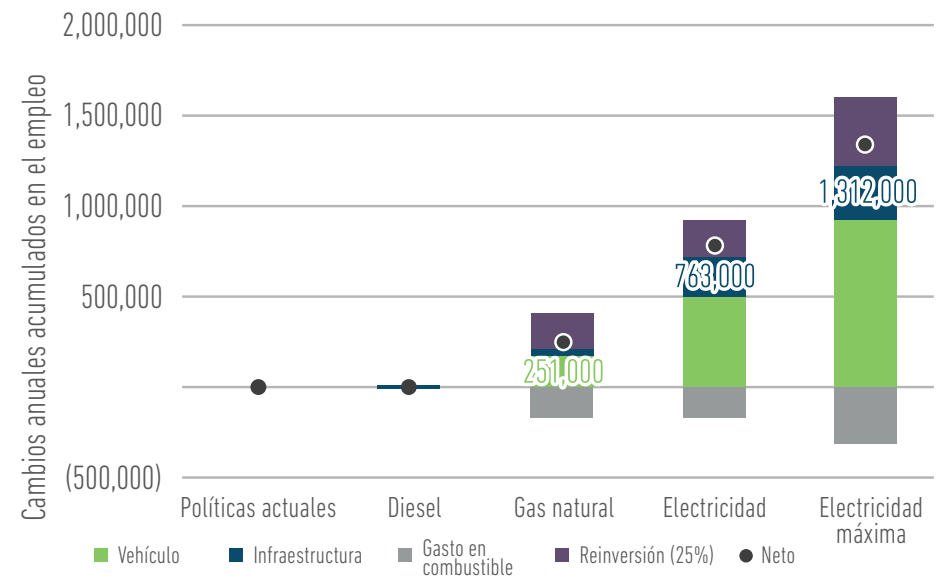


Fig 59. Años de trabajo acumulados para cada escenario, ello relativo al escenario de políticas actuales. Adaptado de: ICF (2019).

En el gráfico, en el escenario de electricidad, que incluye aproximadamente 100.000 vehículos eléctricos de batería en 2030, se presentaría un cambio de un 50% más de empleo incremental por dólar de gasto directo (es decir, por cada dólar de gasto directo en este escenario se aumentan los años-trabajo en un 50%), respecto al escenario de Gas Natural. Seguidamente, para el caso de los escenarios alternativos (distintos a diesel), la reinversión de los ahorros en combustible compensa las pérdidas de empleo por la reducción del gasto en combustible, lo que resulta en un impacto casi nulo en el empleo. Esto se debe a que los sectores responsables de la producción de combustible convencional tienen un coeficiente de compra local mucho menor (aproximadamente un 48% en promedio) que los sectores que se benefician del ahorro de combustible (aproximadamente un 84% en promedio), combinado con la producción por trabajador en industrias que producen combustible siendo, en promedio, superiores a los que utilizan combustible como insumo (ICF, 2019).

Luego, según la Oficina de Estadísticas Laborales de Estados Unidos (s.f.), en la industria de los vehículos eléctricos se emplean una gran variedad de profesiones, como:

- **Personal de investigación y desarrollo:** tales como químicos y los ingenieros de materiales, los cuales buscan mejorar la vida útil de la batería y el tiempo de recarga. Y en general, los científicos buscan mejoras tecnológicas en el funcionamiento y eficiencia de los vehículos.
- **Ingenierías y desarrollo/diseño:** tales como ingenieros, ingenieros eléctricos (los cuales se encargan de diseñar, desarrollar, probar y supervisar la fabricación de componentes eléctricos), Los ingenieros electrónicos, (los cuales diseñan, desarrollan y prueban componentes y sistemas electrónicos para vehículos), ingenieros mecánicos, técnicos en ingeniería, desarrolladores de software, y diseñadores

industriales. En general, su trabajo es el vínculo entre la investigación científica y las aplicaciones comerciales.

# 06

## REFERENCIAS

## 6. REFERENCIAS

- Amann et al. (2018). MEASURES TO ADDRESS AIR POLLUTION FROM SMALL COMBUSTION SOURCES. Recuperado de <https://bit.ly/36YuzPS>
- APEV. (2020). Association for the Promotion of Electric Vehicles. Recuperado de <http://www.apev.jp/en/aboutus/>
- AVERE. (2020). About AVERE. Recuperado de <https://www.avere.org/what-is-avere/>
- Banco Mundial. (2018). Connecting the dots: navigating pollution, health, climate and fiscal solutions. Recuperado de <https://bit.ly/3jxcg9J>
- BASF. (2020). Estrategia Corporativa BASF. Recuperado de <https://www.basf.com/co/es/who-we-are.html>
- BBC. (2019). Huge rise in catalytic converter thefts. Recuperado de <https://www.bbc.com/news/business-49767195>
- Bettsworth y Davies. (2016). Employers' Views of the Jobs and Skills Required for the UK Automotive Industry. Recuperado de <https://bit.ly/36Y0LCV>
- Cataler Corporation. (2020). The Catalyst Connecting Earth and Cars. Cataler Corporation. Recuperado de <https://www.cataler.co.jp/en/about/index.php#sec4>
- CLARIANT. (2020). CLARIANT PRESENTATION 2020. Recuperado de <https://www.clariant.com/es/Company>
- Comunidad de Madrid. (2020). Destinaremos 2,5 millones a la adquisición de vehículos eléctricos para movilidad personal. Recuperado de <https://bit.ly/2LERUPk>
- Departamento de Energía de Estados Unidos. (2019). Medium-and Heavy-Duty Vehicle Electrification An Assessment of Technology and Knowledge Gaps. Recuperado de <https://info.ornl.gov/sites/publications/Files/Pub136575.pdf>
- EPA (s.f.). Pollution Prevention Policy Statement | Pollution Prevention (P2) | US EPA. Recuperado de <https://www.epa.gov/p2/pollution-prevention-policy-statement>
- EPA. (2018). Our Nation's Air. Recuperado de <https://bit.ly/3p6lBJA>
- EPA. (2019). Environmental Protection Administration, EY-Recent Issues. Recuperado de <https://bit.ly/36YoTpj>
- Forbes. (2020). California Accelerates Clean Transportation Policy, Targeting 500,000 Electric Trucks By 2040. Recuperado de <https://bit.ly/3cYDwwG>
- Future Transport (s.f.). NSW Electric and Hybrid Vehicle Plan. Recuperado de <https://future.transport.nsw.gov.au/plans/nsw-electric-and-hybrid-vehicle-plan>
- GGS DT (s.f.). Clean technology 2.4. Recuperado de <https://www.ggspdt.com/24-clean-technology.html>
- GlobeNewsWire. (2020). Automotive Catalytic Converter Market Size to Reach USD 71.6 Billion by 2027; Innovations in Nanotechnology to Aid Growth, Says Fortune Business InsightsTM. Recuperado de <https://bit.ly/3p5NM8v>
- GOV UK. (2020). Digest of UK Energy Statistics (DUKES). Recuperado de <https://www.gov.uk/government/collections/digest-of-uk-energy-statistics-dukes>
- GOV UK. (s.f.). Office for Low Emission Vehicles - GOV.UK. Recuperado de <https://www.gov.uk/government/organisations/office-for-low-emission-vehicles>
- Greater London Authority. (2020). Electric delivery vehicle trial | London City Hall. Recuperado de <https://www.london.gov.uk/what-we-do/environment/pollution-and-air-quality/electric-delivery-vehicle-trial>
- GrennBiz. (2020). 8 electric truck and van companies to watch in 2020 | Greenbiz. Recuperado de <https://www.greenbiz.com/article/8-electric-truck-and-van-companies-watch-2020>
- He, Chen y Xu. (2017). Urban Air Pollution and Control. In Encyclopedia of Sustainable Technologies (pp. 243–257). Elsevier. <https://bit.ly/3cXZCzi>
- ICCT. (2017). TRANSITIONING TO ZERO-EMISSION HEAVY-DUTY FREIGHT VEHICLES ACKNOWLEDGMENTS. Recuperado de <https://bit.ly/36YUkQe>
- ICF. (2019). Comparison of Medium-and Heavy-Duty Technologies in California Executive Summary. Recuperado de [https://caletc.com/wp-content/uploads/2019/12/ICF-Truck-Report\\_Final\\_December-2019.pdf](https://caletc.com/wp-content/uploads/2019/12/ICF-Truck-Report_Final_December-2019.pdf)
- IEA. (2019a). Global EV Outlook 2019 – Analysis. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>

- IEA. (2019b). Mission - About. Recuperado de <https://www.iea.org/about/mission>
- IEA. (2020). Trucks and Buses – Analysis. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/trucks-and-buses>
- Johnson Matthey. (2020). About us | Johnson Matthey. Recuperado de <https://matthey.com/en/about-us>
- Kulkarni et al. (2019). RETROFIT ELECTROSTATIC PRECIPITATOR FOR AUTOMOBILES. International Research Journal of Engineering and Technology. Recuperado de <https://www.irjet.net/archives/V6/i9/IRJET-V6I990.pdf>
- La Región Capital de Dinamarca (s.f.). About Copenhagen Electric. Recuperado de [https://www.regionh.dk/english/traffic/electric\\_vehicles/Pages/Aboutcopenhagenelectric.aspx](https://www.regionh.dk/english/traffic/electric_vehicles/Pages/Aboutcopenhagenelectric.aspx)
- Leung y Peace. (2020). INSIGHTS ON ELECTRIC TRUCKS FOR RETAILERS AND TRUCKING COMPANIES. Recuperado de <https://bit.ly/3p7lqL0LibroText>. (2020).
- Catalytic Converters. Recuperado de <https://bit.ly/3a7eXf7>
- LinkedIn (2020a). Manager, Catalyst Engineering | Catalyst Recruiting, Inc | LinkedIn. Recuperado de <https://bit.ly/3jxbZnd>
- LinkedIn (2020b). Catalyst Development Engineer | HonorVet Technologies | LinkedIn. Recuperado de <https://bit.ly/3a2DLEY>
- MarketsandMarkets. (2019). Catalytic Converter Market Size, Share, Forecast Report - 2025 | COVID-19 Impact Analysis. Recuperado de <https://bit.ly/3cTsdpn>
- MECA (s.f.). Technology Details. Recuperado de <http://www.meca.org/technology/technology-details?id=17&name=Passenger Cars, SUVs, and Light-Duty Trucks>
- METI. (2018). Japan Promotes Electrified Vehicle (xEV) Strategy ahead of 2050 / METI Ministry of Economy, Trade and Industry. Recuperado de <https://bit.ly/2MNwv6U>
- METI. (2019). Council for Promoting Society Utilizing of Electrified Vehicles to be launched. Recuperado de [https://www.meti.go.jp/english/press/2019/0408\\_006.html](https://www.meti.go.jp/english/press/2019/0408_006.html)
- Ministerio de Transporte Nueva Zelanda. (2020). Electric vehicles | Ministry of Transport. Recuperado de <https://bit.ly/3tBOBJI>
- Nestec Inc. (2018). End of Pipe Control. Recuperado de <https://www.nestecinc.com/news/end-of-pipe-control/>
- Oficina de Estadísticas Laborales de Estados Unidos. (s.f.). Careers in Electric Vehicles : U.S. Bureau of Labor Statistics. Recuperado de <https://bit.ly/2NcHB5vOMS> (s.f.).
- Climate change. Recuperado de <https://bit.ly/3d3pl9D>
- Panel Internacional de Recursos (2017a). Background report Towards a Pollution-Free Planet. Recuperado de <https://bit.ly/3rvhw0i>
- Parliament UK. (2017). Electric vehicles: developing the market - UK Parliament. Recuperado de <https://bit.ly/2Z49Y8q>
- Pollution Probe & Delphi Group. (2018). City of Toronto Electric Mobility Strategy. Recuperado de <https://bit.ly/3jAOYzv>
- PR Newswire. (2020). Ecotrade boosts scrap catalyst recycling by revolutionizing industry with a mobile app. Recuperado de <https://prn.to/2N7nyFs>
- Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas. (2017). Towards a Pollution-Free Planet. Recuperado de <https://bit.ly/36Y7sFe>
- Red de Aire Limpio. (2017). How can Hong Kong reduce roadside emission | Clean Air Network. Recuperado de <https://bit.ly/3oYYwFO>
- State of Green. (s.f.). More Electric Vehicles in Copenhagen. Recuperado de <https://bit.ly/3715eq>
- Technavio. (2017). Top 5 Vendors in the Global Automotive Catalyst Market from 2017 to 2021. Recuperado de <https://bwnews.pr/2YYqsPD>
- Umicore (s.f.). Umicore at a glance. Retrieved September 1, 2020, from <https://www.umicore.com/en/about/umicore-at-a-glance/>
- UN Environment. (s.f.). Beijing's battle to clean up its air. Recuperado de <https://www.unenvironment.org/interactive/beat-air-pollution/>
- UNEP. (2020). Electric mobility could help clean the air and boost green jobs as part of the COVID-19 recovery in Latin America and the Caribbean. Recuperado de <https://bit.ly/2NfNHli>UNEP. (s.f.).
- Electric Mobility | UNEP - UN Environment Programme. Recuperado de <https://www.unenvironment.org/explore-topics/transport/what-we-do/electric-mobility>
- Venture Radar (s.f.). Graviky Labs | VentureRadar. Recuperado de <https://bit.ly/3a6MLbW>
- WEF. (2018). Industry Agenda Electric Vehicles for Smarter Cities: The Future of Energy and Mobility. Recuperado de <https://bit.ly/3jKWYyl>



# OBSEVATORIO CT+i

ÁREA DE OPORTUNIDAD: CALIDAD DEL AIRE