



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Instituto de Geociências

LADY TATIANA BERMUDEZ RODRIGUEZ

**TRANSICIONES SOCIO-TÉCNICAS HACIA UNA MOVILIDAD DE BAJO
CARBONO: UN ANÁLISIS DEL NICHOS DE LOS BUSES DE BAJA EMISIÓN PARA
EL CASO DE BRASIL**

**TRANSIÇÕES SÓCIO-TECNICAS PARA UMA MOBILIDADE DE BAIXO
CARBONO: UMA ANÁLISE DO NICHOS DOS ÔNIBUS DE BAIXA EMISSÃO PARA
O CASO DO BRASIL**

CAMPINAS

2018

LADY TATIANA BERMUDEZ RODRIGUEZ

**TRANSICIONES SOCIO-TÉCNICAS HACIA UNA MOVILIDAD DE BAJO
CARBONO: UN ANÁLISIS DEL NICHOS DE LOS BUSES DE BAJA EMISIÓN PARA
EL CASO DE BRASIL**

**TRANSIÇÕES SÓCIO-TECNICAS PARA UMA MOBILIDADE DE BAIXO
CARBONO: UMA ANÁLISE DO NICHOS DOS ÔNIBUS DE BAIXA EMISSÃO PARA
O CASO DO BRASIL**

**TESIS PRESENTADA AL INSTITUTO DE
GEOCIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD ESTADUAL DE
CAMPINAS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
DOCTORA EN POLÍTICA CIENTÍFICA Y
TECNOLÓGICA**

**TESE APRESENTADA AO INSTITUTO DE
GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
DOCTORA EM POLÍTICA CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA**

ORIENTADORA: PROFA. DRA. FLÁVIA LUCIANE CONSONI DE MELLO

**ESTE EJEMPLAR CORRESPONDE A LA VERSIÓN
FINAL DE LA TESIS DEFENDIDA POR LA ALUMNA
LADY TATIANA BERMUDEZ RODRIGUEZ Y
ORIENTADA POR LA PROFESORA DOCTORA
FLÁVIA LUCIANE CONSONI DE MELLO**

CAMPINAS

2018

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES

ORCID: 0000-0001-9766-1865

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Marta dos Santos - CRB 8/5892

B456t Bermudez Rodriguez, Lady Tatiana, 1979-
Transiciones socio-técnicas hacia una movilidad de bajo carbono: un análisis del nicho de los buses de baja-emisión para el caso de Brasil / Lady Tatiana Bermudez Rodriguez. – Campinas, SP : [s.n.], 2018.

Orientador: Flávia Luciane Consoni de Mello.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Transições para a sustentabilidade. 2. Mobilidade de baixo carbono. 3. Perspectiva Multi-Nível. 4. Eletromobilidade. 5. Trolebus. I. Consoni, Flávia Luciane, 1973-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Transições sócio-técnicas para uma mobilidade de baixo-carbono: uma análise do nicho dos ônibus de baixa-emissão para o caso do Brasil

Palavras-chave em inglês:

Sustainability Transitions

Low-Carbon Mobility

Multi-Level Perspective

Electromobility

Trolley buses

Área de concentração: Política Científica e Tecnológica

Titulação: Doutora em Política Científica e Tecnológica

Banca examinadora:

Flávia Luciane Consoni de Mello [Orientador]

Adriana Marotti de Mello

Marcelo Ferreira Tete

Roberto Marx

Rosana Icassatti Corazza

Data de defesa: 13-12-2018

Programa de Pós-Graduação: Política Científica e Tecnológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

AUTORA: Lady Tatiana Bermudez Rodriguez

**TRANSICIONES SOCIO-TÉCNICAS HACIA UNA MOVILIDAD DE BAJO CARBONO:
UN ANÁLISIS DEL NICHOS DE LOS BUSES DE BAJA EMISIÓN PARA EL CASO DE
BRASIL**

ORIENTADORA Profa. Dra. Flávia Luciane Consoni De Mello

Aprovado em: 13 / 12 / 2018

EXAMINADORES:

Profa. Dra. Flávia Luciane Consoni De Mello - Presidente

Profa. Dra. Rosana Icassatti Corazza

Profa. Dra. Adriana Marotti de Mello

Prof. Dr. Roberto Marx

Prof. Dr. Marcelo Ferreira Tete

**A Ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros, encontra-se disponível no
SIGA - Sistema de Fluxo de Tese e na Secretaria de Pós-graduação do IG.**

Campinas, 13 de dezembro de 2018.

*Todo el trabajo y el esfuerzo de mi doctorado
está dedicado a mis padres Heliodoro y Patrícia,
a mis hermanos Andrea y Crísthian,
a mis adorados sobrinos Juan Manuel y Luciana
y a meu amore mio Tarcísio,
gracias por todo su amor, apoyo y comprensión.
Obrigada de coração!*

AGRADECIMIENTOS

Tomar la decisión de hacer un doctorado fuera de mi país, no fue nada fácil. Tuve que dejar atrás mi vida en Colombia, mi familia y mis amigos, para enfrentarme a un desafío inmenso en un país totalmente desconocido. Pero valió la pena cada minuto de mi experiencia de vida en mi querido Brasil. Durante todo este proceso, fueron muchas las personas que me acompañaron y por las cuales siento una gratitud inmensa. Que este sea el espacio para agradecerles por todos los aprendizajes y por todo el apoyo y cariño recibido.

En primer lugar quiero agradecer a mi orientadora la Profesora Flávia Consoni, quien siempre creyó en mis capacidades y de quien recibí un apoyo incondicional en la parte académica y personal. Gracias a sus comentarios, observaciones y a la oportunidad que me brindó de participar en diferentes proyectos de investigación, mi doctorado se enriqueció de muchas experiencias que van más allá del presente documento de tesis. Toda la comprensión y el cariño de la Profa. Flávia, fueron fundamentales para no desistir, para esforzarme por hacer siempre lo mejor y para terminar exitosamente mi doctorado.

En segundo lugar, agradezco al cuerpo docente y administrativo del Departamento de Política Científica y Tecnológica (DPCT) y del *Instituto de Geociências* (IG) de la Unicamp, en especial a los Profesores Leda Gitahy, Maria Beatriz Bonacelli y André Furtado por todas sus enseñanzas durante estos años de doctorado y al soporte brindado por Soninha, Adriana, Gorete, Valdirene, Cristina y Alexandre. También agradezco a la *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* CAPES, por otorgarme una beca de estudios durante el período 2014-2018, la cual permitió mi estadía en Campinas y el desarrollo de todas mis actividades académicas.

Agradezco también a los profesores Adriana Marotti, Arnaldo Cesar da Silva Walter, Marcelo Ferreira Tete, Roberto Marx y Rosana Corazza por sus valiosos comentarios realizados durante el *Exame de Qualificação* y en la Defensa de Doctorado, los cuales me ayudaron a fortalecer el documento final de la tesis y a reflexionar sobre posibles pesquisas futuras.

Es importante resaltar que durante el periodo 2015-2018, tuve la oportunidad de participar en cuatro proyectos de investigación relacionados con la movilidad eléctrica y/o de baja emisión en Brasil, y por medio de los cuales pude conocer de cerca mi objeto de estudio

e interactuar con actores representativos relacionados con mi tema de investigación. Agradezco principalmente a la empresa CPFL Energía de Campinas, como líder y gestora del proyecto *EMOTIVE Mobilidade Elétrica*, que fue mi primer acercamiento con la electromovilidad en Brasil y a todos los participantes de este proyecto, en especial a Raul Beck y Maria de Fátima Rosolem, investigadores del Centro de Pesquisa CPqD de Campinas.

Mi agradecimiento especial a la Agencia de Cooperación Alemana GIZ (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*) y al *Ministério da Indústria, Comercio Exterior y Serviços (MDIC)*, por darme la oportunidad junto con mi grupo de pesquisa, de participar en el Proyecto *Promob-E Mobilidade Elétrica e Propulsão Eficiente* y de hacer parte de las reflexiones relacionadas con la formulación del *Plano Nacional de Eletromobilidade para Brasil*. Muchas gracias a Ricardo Takahira por toda su ayuda y por viabilizar mi participación en diferentes eventos relacionados con la movilidad eléctrica en Brasil.

También agradezco inmensamente al equipo de trabajo de la Gerencia de *Desenvolvimento e Inovação Tecnológica* de la SPTrans especialmente a Simão Neto, José Luiz Cunha, Carlos Wagner, Carlos Casciano, Pedro Rama y Rodrigo de Freitas. Las reuniones y las entrevistas realizadas con este equipo, fueron fundamentales para conocer en detalle el caso de la Licitación del Sistema de Transporte Público Colectivo de São Paulo. Mi reconocimiento también al equipo de trabajo de la WRI por todas las conversaciones relacionadas con la implementación de sistema de transporte público eléctrico en Brasil, en especial a Cristina Albuquerque y Berta Pinheiro.

Mi gratitud también es para todas las personas y expertos del sector que aceptaron ser entrevistados, sus comentarios y percepciones sobre el transporte público de baja emisión en Brasil, fueron esenciales para enriquecer mi investigación. Mi reconocimiento especial a Vagner Rigon e Iêda de Oliveira.

Todo este proceso no hubiera sido igual de maravilloso y enriquecedor sino hubiese contado con el amor y cariño de mis grandes amigos Carlos, Cris, Jeny y Marcos. Ustedes se convirtieron en mi familia en Brasil, siempre estuvieron allí para apoyarme, escucharme y compartir angustias y ahora que no vamos a estar tan próximos físicamente, tengan por seguro que siempre van a estar en mi corazón, los amo!

También quiero agradecer a mis amigos y compañeros de mi Grupo de Pesquisa LEVE (*Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico*), por todos los aprendizajes y experiencias compartidas, en especial a mis queridos Edgar y Altair, fue muy gratificante trabajar con ustedes y compartir tantos momentos divertidos. Mi cariño es también para Anna, Marcos Marques, Henrique, João Vitor y Felipe, aún nos quedan muchas pesquisas por realizar en torno a la movilidad eléctrica!

Mi gratitud también es para mis amigos y compañeros del DPCT y de mi vida en *Barão Geraldo*, especialmente a Adela, Adriana Silva, Ana María, Ana Benites, Carla, Carlos Duque, Carol, Daniela, Edilaine, Felipe Mammoli, Guilherme Ferreira, Iraima, Irineu, Luciana, Lucas, Nanci, Rodrigo, Tatiana, Victo, Víctor Espronceda y Vinicius.

Mi cariño va también para mis amigos de toda la vida en Colombia, que a pesar de la distancia, siempre estuvieron allí para escucharme y apoyarme, especialmente a mi Cris, Dianita, Caro, Diana Pineda, Alexis, Maria Paula, Andrés, Janeth y Martha Del Río.

Mi amor y gratitud infinita es también para mi familia, sin su amor y soporte incondicional no lo hubiera logrado y aunque fue difícil estar lejos de ustedes tantos años y perderme tantos momentos especiales, siempre los sentí a mi lado. A mis padres Heliodoro y Patricia, gracias por todos los sacrificios que hicieron para que pudiera tener lo que siempre necesité, hoy en día soy la mujer que soy por su amor incondicional. A mis hermanos Andrea y Cristhian y a mis amados sobrinos Juan Manuel y Luciana, gracias por alegrarme mi vida con todas sus ocurrencias y ternura. A mis cuñados Jorge y Lorena, gracias por todo el apoyo y cariño y a mi querida suegra María da Conceição, que se convirtió en mi segunda mamá aquí en Brasil.

Finalmente quiero agradecer al amor de mi vida Tarcisio, vine a Brasil a hacer mi doctorado y sin esperarlo, fui bendecida por encontrarte y por compartir mi vida contigo. Te agradezco por tu amor, amistad, por darme fuerzas y ánimo para terminar mi doctorado y por hacer mi vida feliz, te amo!

RESUMEN

La incorporación de una innovación de nicho como los buses de baja emisión en Brasil es una cuestión que demanda nuevas investigaciones y desarrollos tecnológicos, políticos, económicos, sociales y culturales. En este contexto, la pregunta de investigación de esta tesis es: ¿Cuáles son las oportunidades y desafíos asociados a la inserción del nicho de los buses de baja emisión y cual es su contribución para una transición socio-técnica para un sistema de movilidad de bajo carbono en Brasil?. Para responder esta pregunta fue utilizado el marco analítico-conceptual de la Perspectiva Multi-Nivel (MLP), el cual permitió entender la complejidad de un proceso de “transición en curso” en un país en desarrollo como Brasil, el cual tiene particularidades en su territorio y en el grado de interacción y gobernanza entre actores e instituciones. Los principales desafíos identificados para implementar buses de baja emisión en Brasil son: i) Alto costo inicial en comparación con los buses a diésel; ii) Falta de incentivos financieros para la implementación de una flota de baja emisión; iv) Incertidumbres tecnológicas relacionadas a la autonomía de las baterías y a la red de recarga; v) Ausencia de una tarifa especial de energía eléctrica para el transporte público, entre otros. En Brasil también hay un conjunto de oportunidades para la implementación de estos buses: i) Capacidad para la producción nacional; ii) Matriz energética con alta participación de fuentes renovables; iii) Disponibilidad de energía eléctrica para abastecer una flota de baja emisión; iv) Licitaciones de transporte público colectivo con metas de reducción de emisión de contaminantes atmosféricos, entre otras. En relación a los niveles de análisis de la MLP para el caso brasileño, se evidenció que la existencia de factores globales asociados al Panorama Socio-Técnico (*Landscape*) como cambio climático, calidad del aire e impactos en la salud, no ejercen una presión lo suficientemente fuerte para modificar el Régimen Socio-Técnico en Brasil, ni para estimular innovaciones de nicho de baja emisión. Estos factores no consiguen generar cambios radicales en el régimen dominante, caracterizado por un *lock-in* del diésel y la industria solo responde con innovaciones de carácter incremental sobre la misma base del Motor a Combustión Interna. Con respecto a las innovaciones de nicho, estas no están plenamente desarrolladas y corresponden principalmente a proyectos de demostración y proyectos piloto de baja escala, liderados por actores de nicho heterogéneos. Sin embargo, el proceso de Licitación de Transporte Público en São Paulo, tiende a alterar este equilibrio de fuerzas al ejercer una fuerte presión, tanto a nivel de régimen como de nicho, con metas para la reducción progresiva de emisión de contaminantes para la flota de buses urbanos, la cual está alineada con la ley ambiental local (*Lei 16.802/2018*). Estos resultados confirman la importancia del Proceso de Licitación como una “ventana de oportunidad” para estimular la implementación de innovaciones de nicho como los buses de baja emisión, los cuales tienen potencial para modificar en el largo plazo las características del régimen socio-técnico de la movilidad urbana, no solo en São Paulo, sino también en otras ciudades de Brasil.

Palabras-clave: Transiciones hacia la Sustentabilidad; Movilidad de Bajo Carbono; Perspectiva Multi-Nivel; Electromovilidad; Buses Eléctricos.

RESUMO

A incorporação de uma inovação de nicho como os ônibus de baixa emissão no Brasil é uma questão que demanda novas pesquisas e desenvolvimentos tecnológicos, políticos, econômicos, sociais e culturais. Neste contexto, a pergunta de pesquisa desta tese é: “Quais são as oportunidades e desafios associados à inserção do nicho dos ônibus de baixa emissão e qual a sua contribuição para uma transição socio-técnica para um sistema de mobilidade de baixo carbono no Brasil?”. Para responder esta questão foi utilizado o marco analítico-conceitual da Perspectiva Multi-Nível (MLP), o qual permitiu entender a complexidade de um processo de “transição em curso” num país em desenvolvimento como o Brasil, o qual tem particularidades no seu território e no grau de interação e governança entre atores e instituições. Os principais desafios identificados para implementar ônibus de baixa emissão no Brasil são: i) Alto custo inicial na comparação com os ônibus a diesel; ii) Falta de incentivos financeiros para a implementação de uma frota de baixa emissão; iii) Resistência dos operadores de frota e das empresas de ônibus a diesel frente a esta nova tecnologia; iv) Incertezas tecnológicas relacionadas à autonomia da bateria e à rede de carregamento; v) Ausência de uma tarifa especial de energia elétrica para o transporte público, entre outros. Contudo, no Brasil há um conjunto de oportunidades para a implementação destes ônibus: i) Capacidade para a produção nacional; ii) Matriz energética com alta participação de fontes renováveis; iii) Disponibilidade de energia elétrica para abastecer uma frota de baixa emissão; iv) Licitações de transporte público coletivo com metas de redução de emissão de poluentes atmosféricos, entre outras. Em relação aos níveis de análise da MLP para o caso Brasileiro, se evidenciou que a existência de fatores globais associados ao Panorama Socio-Técnico (*Landscape*), tais como mudanças climáticas, qualidade do ar e impactos na saúde, não exercem uma pressão suficientemente forte para mudar o Regime Socio-Técnico no Brasil, nem para estimular inovações de nicho de baixa emissão. Estes fatores não conseguem gerar mudanças radicais no regime dominante, caracterizado por um *lock-in* do diesel, ao passo que a indústria só responde com inovações de caráter incremental sobre a mesma base do Motor a Combustão Interna. Por sua vez, as inovações de nicho não estão plenamente desenvolvidas e correspondem principalmente a projetos demonstrativos e projetos piloto de baixa escala, liderados por atores de nicho heterogêneos. Entretanto, o processo de Licitação do Transporte Público Coletivo em São Paulo tende a alterar este equilíbrio de forças ao exercer uma forte pressão, tanto ao nível de regime como de nicho, com metas para a redução progressiva de emissão de poluentes para a frota de ônibus urbanos, a qual está alinhada à Lei ambiental local (Lei 16.802/2018). Estes resultados confirmam a importância do Processo de Licitação como uma “janela de oportunidade” para estimular a implementação de inovações de nicho como os ônibus de baixa emissão, os quais têm potencial para mudar no longo prazo as características do regime socio-técnico da mobilidade urbana, não só em São Paulo, mas também em outras cidades do Brasil.

Palavras-chave: Transições para a Sustentabilidade; Mobilidade de baixo carbono; Perspectiva Multi-Nível; Eletromobilidade; Ônibus Elétricos.

ABSTRACT

The incorporation of a niche innovation such as low emission buses in Brazil is a question that demands new research and technological, political, economic, social and cultural developments. In this context, the research question of this thesis is: What are the opportunities and challenges associated with the insertion of the low emission buses and what is its contribution to the socio-technical transition towards a low carbon mobility system in Brazil ?. In order to answer this question, the analytical-conceptual framework of the Multi-Level Perspective (MLP) was used. This framework allowed us to understand the complexity of a "transition in progress" in a developing country like Brazil, which has particularities in its territory and in the degree of interaction and governance between actors and institutions. The main challenges identified to implement low emission buses in Brazil are: i) High initial cost compared to diesel buses; (ii) Lack of financial incentives for the implementation of a low-emission fleet; iii) Resistance of fleet operators and diesel bus companies to this new technology; iv) Technological uncertainties related to the autonomy of the battery and the charging network; v) Absence of a special electricity tariff for public transportation, among others. In Brazil there is also a set of opportunities for the implementation of these buses: i) Capacity for national production; ii) Energy matrix with high participation of renewable sources; iii) Availability of electric power to supply a low emission fleet; iv) Bidding Process for collective public transport with targets to reduce the emission of atmospheric pollutants, among others. Regard to the analytical levels of the MLP for the Brazilian case, although there are global factors in the Socio-Technical Landscape such as climate change, air quality and its impact on health, the degree of pressure of these factors is not strong enough to modify the socio-technical regime in Brazil, nor to stimulate niche innovations. These factors fail to generate radical changes in the dominant regime characterized by a diesel lock-in and the industry only responds with incremental innovations on the same technological basis of the Internal Combustion Engine (ICE). In relation to the niche innovations, these are not fully developed and correspond mainly to demonstration projects and small-scale pilot projects, led by heterogeneous niche players. However, the Bidding Process of Public Transport in São Paulo, is exerting strong pressure, both at the regime and at the niche level, with targets for the progressive reduction of emission of pollutants for the urban bus fleet. These targets are aligned with the Local Environmental Law (Lei 16.802 /2018). These findings confirm the importance of the bidding process as a “window of opportunity” to stimulate the implementation of niche innovation such as low emission buses, with have the potential to modify in the long term the characteristics of the socio-technical regime of the urban mobility, not only in São Paulo, but also in other cities in Brazil.

Keywords: Sustainability Transitions; Low-Carbon Mobility; Multi-Level Perspective; Electromobility; Electric Buses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de relación entre pregunta de investigación, objetivo general, hipótesis, objetivos específicos y metodología	52
Figura 1.1 Elementos básicos y recursos de los Sistemas Socio-Técnicos.....	55
Figura 1.2. Estudios de Transición hacia la Sustentabilidad (<i>Sustainability Transitions</i>).....	63
Figura 1.3. Antecedentes Teóricos-Conceptuales de la Perspectiva Multi-Nivel.....	80
Figura 1.4. Redes de Multi-actores involucrados en los Regímenes Socio-Técnicos.....	85
Figura 1.5. Múltiples niveles como una jerarquía anidada	88
Figura 1.6. Perspectiva Multi-Nivel en Transiciones Socio-Técnicas.....	89
Figura 1.7 Integración de los principales antecedentes teóricos en la Perspectiva Multi-Nivel.....	93
Figura 1.8 Resumen de las críticas a la Perspectiva Multi-Nivel	99
Figura 2.1 Sistema Socio-Técnico de la Movilidad Urbana.....	114
Figura 2.2. Niveles de análisis asociados a la Movilidad Urbana	117
Figura 2.3 Plazo para implementación de las normas nacionales de control de emisiones para vehículos pesados a diesel.....	144
Figura 2.4. Anuncios de las principales OEM relacionados con la comercialización de vehículos híbridos y/o eléctricos.....	158
Figura 2.5 Costos estimados de las baterías litio-ion para vehículos eléctricos (2020-2022-2030)	161
Figura 3.1 Diagrama de <i>Sankey</i> de las emisiones de GEI en Brasil del sector de los transportes, 2016	169
Figura 3.2 Evolución de las emisiones de GEI en el transporte <i>rodoviário</i> de pasajeros en Brasil, 2016.....	169
Figura 4.1 Clasificación de los Buses de Baja Emisión	188
Figura 4.2 Buses eléctricos en Eindhoven, Holanda	194
Figura 4.3 Carriles exclusivos para buses eléctricos en Eindhoven, Holanda	194
Figura 4.4 “Ônibus Elétrico-Híbrido a Etanol” Itaipu Binacional	201
Figura 4.5 Prototipo Bus Híbrido Eléctrico a etanol Furnas/UFRJ/Copee/Tracel.....	204
Figura 4.6 Bus eléctrico a baterías <i>Laboratório Fotovoltaica UFSC</i>	208
Figura 4.7 Sistema Fotovoltaico <i>Laboratório Fotovoltaica UFSC</i>	209
Figura 4.8 Buses Brasileños movidos a Hidrógeno	211
Figura 4.9 Bus eléctrico a batería <i>Itajaí Transportes Coletivos</i>	215
Figura 4.10 Bus híbrido articulado <i>HibriPlus</i> de Volvo.....	218
Figura 4.11 Bus híbrido <i>plug-in</i> (HibriPlug) de Volvo	219

Figura 4.12 Dual-Bus de la Empresa Eletra	223
Figura 4.13 Actores de Nicho relacionados con los Buses de Baja Emisión.....	239
Figura 5.1. Áreas operacionales y empresas del sistema estructural de transporte público de buses de São Paulo (2018)	250
Figura 5.2 Trolebús norteamericano <i>Pulmann Standart</i> (1949)	251
Figura 5.3 Trolebús en el <i>Viaduto Chá</i> , São Paulo.....	253
Figura 5.4 Buses a Etanol, Programa Ecofrota	256
Figura 5.5 Línea de tiempo del Proceso de Licitación y de la <i>Lei do Clima</i> de São Paulo	274
Figura 6.1 Transición Socio-Técnica hacia una Movilidad de Bajo Carbono en Brasil.....	278
Figura 7.1. Países líderes en publicación de artículos científicos Transiciones hacia la Sustentabilidad y Perspectiva Multi-Nivel (1994-2018).....	309
Figura 7.2. Principales conceptos asociados a los artículos de Transiciones hacia la Sustentabilidad y Perspectiva Multi-Nivel	318

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Iniciativas o “innovaciones de nicho” que contribuyen a una transición hacia una Movilidad de Bajo Carbono	30
Cuadro 2. Relación de entrevistas realizadas y códigos	46
Cuadro 3. Relación de trabajos de campo y códigos	48
Cuadro 1.1 Revoluciones Tecnológicas y sus Paradigmas Tecno-Económicos	74
Cuadro 1.2 Tipología de las Transiciones Socio-Técnicas	95
Cuadro 2.1 Factores, políticas y programas asociados al Panorama Socio-Técnico	121
Cuadro 2.2 Enfermedades asociadas a la contaminación atmosférica	135
Cuadro 2.3. Anuncios de los países sobre la prohibición de ventas y uso de vehículos con MCI (diésel y gasolina).....	159
Cuadro 2.4 Políticas de I&D para el desarrollo de baterías litio-ion	162
Cuadro 4.1 Tipología de Buses de Baja Emisión	188
Cuadro 4.2 Anuncios de las ciudades sobre la prohibición de circulación de vehículos con MCI (diésel y gasolina) en el centro de las ciudades	195
Cuadro 4.3 Empresas asociadas a la ABVE	234
Cuadro 5.1. Ventajas y desventajas de las alternativas tecnológicas de los buses de baja emisión testadas por la SPTrans.....	257
Cuadro 5.2 Miembros del Comité Gestor del “ <i>Programa de acompanhamento da substituição de frota por alternativas mais limpas</i> ”.....	267
Cuadro 7.1. Políticas e iniciativas de Transiciones hacia la Sustentabilidad en algunos Países Europeos	311

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Guías de calidad del aire sugeridas por la OMS	138
Tabla 2.2 Guías de calidad del aire para Brasil definidas por el CONAMA (Resolución No. 491/2018).....	139
Tabla 2.3. Metas de emisión vehicular para vehículos pesados Fase P7	142
Tabla 2.4 Metas de Eficiencia Energética en países/regiones seleccionadas.....	148
Tabla 3.1. Flota circulante en unidades en Brasil (2009-2017)	167
Tabla 4.1 Número estimado de buses de baja emisión en Brasil (Diciembre de 2018).....	198
Tabla 5.1. Emisiones de contaminantes locales totales por día en São Paulo (2017).....	245
Tabla 5.2 Principales datos operacionales de la SPTrans (Julio 2018).....	248
Tabla 5.3 Composición de la flota de buses urbanos de São Paulo (Julio de 2018)	249
Tabla 5.4 Evolución de la flota de trolebús en São Paulo (1949-1998).....	252
Tabla 5.5 Metas de reducción de emisiones para el Transporte Urbano de Pasajeros del Municipio de São Paulo (2018)	264
Tabla 7.1. Artículos con mayor número de citaciones en Transiciones hacia la Sustentabilidad y Perspectiva Multi-Nivel	317

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Consumo mundial de energía del sector transporte por modal.....	28
Gráfico 2.1 Dependencia Externa de Energía.....	130
Gráfico 2.2 Participación de la Oferta Interna de Energía 2017	131
Gráfico 2.3 Oferta Interna de Energía Eléctrica por Fuente 2017	132
Gráfico 2.4 Principales factores de riesgo asociados a las muertes globales, 2016.....	136
Gráfico 2.5 Promedio anual de $MP_{2,5}$ en ciudades brasileñas en comparación a las recomendaciones de la OMS (2005) de $10 \mu g/m^3$	140
Gráfico 3.1. Porcentaje de flota circulante por tipo de vehículo en Brasil 2017	168
Gráfico 3.2 Estructura de consumo de combustibles del transporte <i>rodoviário</i> brasileño, 2016.....	170
Gráfico 3.3. Producción y exportación de chasis (2000-2017).....	176
Gráfico 3.4. Dinámica de la producción de empresas de chasis (2000-2016)	177
Gráfico 3.5 Dinámica de la producción de carrocerías para buses urbanos (2001-2017).....	178
Gráfico 4.1 Buses eléctricos a batería y buses híbridos <i>plug-in</i> 2017	191
Gráfico 5.1 Flota de vehículos en la ciudad de São Paulo, Julio de 2018	242
Gráfico 5.2 Emisiones totales de GEI por día ($kt CO_2e$).....	244
Gráfico 5.3 Cronograma de Reducción de Emisión de Contaminantes de Flota	261
Gráfico 7.1. Dinámica de publicación de artículos científicos Transiciones hacia la Sustentabilidad y Perspectiva Multi-Nivel (1994-2018)	307
Gráfico 7.2. Universidades líderes en publicación de artículos científicos de Transiciones hacia la Sustentabilidad y Perspectiva Multi-Nivel	312
Gráfico 7.3. Autores líderes en publicación de artículos de Transiciones hacia la Sustentabilidad y Perspectiva Multi-Nivel	313
Gráfico 7.4. Artículos publicados y citas recibidas por Frank Geels (2001-2018)	315
Gráfico 7.5. Principales Revistas de Publicación en Transiciones hacia la Sustentabilidad y Perspectiva Multi-Nivel	316

LISTA DE BOX

Box 2.1 Políticas y acciones de estímulo a los Biocombustibles	128
Box 2.2 Contaminantes Atmosféricos Locales y Gases de Efecto Invernadero generados por la combustión interna de los combustibles de los vehículos	133
Box 4.1 <i>Programa Veículo Eléctrico de Itaipu</i>	200
Box 4.2 <i>Projeto Mobilidade Elétrica: EMOTIVE</i>	206

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

ABIPÊÇAS-	<i>Associação Brasileira da Indústria de Autopeças</i>
ABVE-	<i>Associação Brasileira do Veículo Elétrico</i>
AEA-	<i>Associação Brasileira de Engenharia Automotiva</i>
ALTEC-	<i>Asociación Latino-Iberoamericana de Gestión Tecnológica e Innovación</i>
ANEEL-	<i>Agência Nacional de Energia Elétrica</i>
ANFAVEA-	<i>Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores</i>
ANPAD-	<i>Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração</i>
ANT-	<i>Actor-Network Theory</i> (Teoría del Actor-Red)
ANTP-	<i>Associação Nacional de Transportes Públicos</i>
APM-	<i>Associação Paulista de Medicina</i>
ARLA-	<i>Agente Redutor Líquido de Óxido de Nitrogênio Automotivo</i>
BEB-	<i>Bus eléctrico a Bateria</i> (<i>Battery Electric Bus</i>)
BEN-	<i>Balanço Energético Nacional</i>
BNDES-	<i>Banco Nacional de Desenvolvimento Económico e Social</i>
BRT-	<i>Bus Rapid Transit</i>
BYD-	<i>Build Your Dreams</i>
CAFE-	<i>Corporate Average Fuel Economy</i>
CAMEX-	<i>Câmara de Comércio Exterior</i>
CEiIA-	<i>Centro de Excelência para a Inovação da Indústria Automóvel</i>
CENPES-	<i>Centro de pesquisas e desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello</i>
CET-	<i>Companhia de Engenharia de Tráfego</i>
CETESB-	<i>Companhia Ambiental do Estado de São Paulo</i>
CISB-	<i>Centro de pesquisa e inovação sueco-brasileiro</i>
CMTC-	<i>Companhia Municipal de Transportes Coletivos</i>
CNAE-	<i>Classificação Nacional de Atividades Económicas</i>
CNPq-	<i>Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico</i>
CONAMA-	<i>Conselho Nacional do Meio Ambiente</i>
COP-	<i>Convention of Parts</i> (Convención de las Partes)
COPPE-	<i>Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia</i>
COV-	<i>Compuestos Orgánicos Volátiles</i>
C&T-	<i>Ciencia y Tecnología</i>
CT&I-	<i>Ciencia, Tecnología e Innovación</i>
DENATRAN-	<i>Departamento Nacional de Trânsito</i>
DETRAN-SP-	<i>Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo</i>
DPCT-	<i>Departamento de Política Científica e Tecnológica</i>
EMDEC-	<i>Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas</i>
EMTU-	<i>Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos-SP</i>
ESCT-	<i>Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología</i>

EPE-	<i>Empresa de Pesquisa Energética</i>
FABUS-	<i>Associação Nacional dos Fabricantes de Ônibus</i>
FAPERJ-	<i>Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro</i>
FCEB-	<i>Fuel Cell Electric Bus</i> (Bus eléctrico con célula a combustible)
FEEC-	<i>Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação</i>
FEM-	<i>Faculdade de Engenharia Mecânica</i>
FENABRAVE-	<i>Federação Nacional de Distribuição de Veículos Automotores</i>
FIESP-	<i>Federação das Indústrias do Estado de São Paulo</i>
FINAME-	<i>Agência Especial de Financiamento Industrial</i>
FINEP-	<i>Financiadora de Estudos e Projetos</i>
FUNDO CLIMA-	<i>Fundo Nacional sobre Mudança do Clima</i>
GEF-	<i>Global Environment Facility</i>
GEI-	<i>Gases de Efecto Invernadero</i> (<i>Gases de Efeito Estufa</i>)
GERPISA-	<i>The International Network of Automobile</i>
GIZ-	<i>Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH</i>
GNV-	<i>Gas Natural Vehicular</i>
HC-	<i>Hidrocarburos</i>
HEB-	<i>Hybrid Electric Bus</i> (Bus Híbrido Eléctrico)
IARC-	<i>International Agency for Research on Cancer</i>
IBAMA-	<i>Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis</i>
IBGE-	<i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i>
ICCT-	<i>International Council on Clean Transportation</i>
ICLEI-	<i>Conselho Internacional para Iniciativas Ambientais Locais</i>
ICTs-	<i>Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação</i>
IDEC-	<i>Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor</i>
IEA-	<i>International Energy Agency</i> (Agencia Internacional de Energía)
IEMA-	<i>Instituto de Energia e Meio Ambiente</i>
IG-	<i>Instituto de Geociências</i>
iNDCs-	<i>Intended Nationally Determined Contributions</i> (Contribuciones Previstas Determinadas a Nivel Nacional)
INOVAR AUTO-	<i>Programa de incentivo à inovação tecnológica e adensamento da cadeia produtiva de veículos automotores</i>
INPI-	<i>Instituto Nacional da Propriedade Industrial</i>
I&D-	<i>Investigación y Desarrollo</i>
IPCC-	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático)
IPI-	<i>Imposto sobre Produtos Industrializados</i>
IPPUC-	<i>Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba</i>
IPT-	<i>Instituto de Pesquisas Tecnológicas</i>
ITS-	<i>Intelligent Transportation System</i> (Sistemas de Transporte Inteligente)

KTH-	<i>Royal Institute of Technology</i>
LEVE-	<i>Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico</i>
LTS-	<i>Large Technical Systems</i> (Grandes Sistemas Tecnológicos)
MCI-	Motor a Combustión Interna
MCTIC-	<i>Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações</i>
MDIC-	<i>Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços</i>
MF-	<i>Ministério da Fazenda</i>
MLP-	<i>Multi-Level Perspective</i> (Perspectiva Multi-Nível)
MMA-	<i>Ministério do Meio Ambiente</i>
MME-	<i>Ministério de Minas e Energia</i>
NDC-	<i>Nationally Determined Contributions</i> (Contribuciones Nacionalmente Determinadas)
NTU-	<i>Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos</i>
ODS-	Objetivos de Desarrollo Sustentable
OEM-	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
OICA-	<i>International Organization of Motor Vehicle Manufactures</i>
OMS-	Organización Mundial de la Salud
OCDE-	Organización Económica para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
PAC-	<i>Programa de Aceleração do Crescimento</i>
PETROBRAS-	<i>Petróleo Brasileiro S.A</i>
PHEB-	<i>Plug-in Hybrid Electric Buses</i> (Buses híbridos eléctricos <i>plug-in</i>)
PNA-	<i>Plano Nacional de Adaptação</i>
PNMC-	<i>Política Nacional sobre Mudança do Clima</i>
PNMU-	<i>Plano Nacional de Mobilidade Urbana</i>
PNPB-	<i>Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel</i>
PNUD-	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PROÁLCOOL-	<i>Programa Nacional do Álcool</i>
PROAM-	<i>Instituto Brasileiro de Proteção Ambiental</i>
PROCaC-	<i>Programa Brasileiro de Sistemas de Célula a Combustível</i>
PROCONVE-	<i>Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores</i>
PSTM-	<i>Plano Setorial de Transporte e Mobilidade Urbana para a Mitigação e Adaptação à Mudança Climática</i>
RENOVABIO-	<i>Política Nacional de Biocombustíveis</i>
RIT-	<i>Rede Integrada de Transporte Coletivo</i>
SABESP-	<i>Companhia de saneamento básico do Estado de São Paulo</i>
SAE-	<i>Society of Automotive Engineers</i>
SCOT-	<i>Social Construction of Technology</i>
SEEG-	<i>Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa</i>
SENAI-	<i>Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial</i>
SETRANS-	<i>Sindicato das empresas de ônibus de Curitiba e Região Metropolitana</i>

SIN-	<i>Sistema Interligado Nacional</i>
SINDIPEÇAS-	<i>Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores</i>
SISNAMA-	<i>Sistema Nacional do Meio Ambiente</i>
SNI-	Sistema Nacional de Innovación
SPTrans-	<i>São Paulo Transporte S.A</i>
SPURBANUSS-	<i>Sindicato das empresas de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros de São Paulo</i>
SRI-	Sistema Regional de Innovación
SSI-	Sistema Sectorial de Innovación
TIC's-	Tecnologías de la Información y la Comunicación
TCM-	<i>Tribunal de Contas do Município</i>
TCO-	<i>Total Cost of Ownership</i> (Costo Total de Operación)
TIS-	<i>Technological Innovation Systems</i> (Sistemas Tecnológicos de Innovación)
UFRJ-	<i>Universidade Federal do Rio de Janeiro</i>
UFSC-	<i>Universidade Federal de Santa Catarina</i>
UITP-	<i>Unión Internacional de Transporte Público</i>
UNESP-	<i>Universidade Estadual Paulista</i>
UNICAMP-	<i>Universidade Estadual de Campinas</i>
UNFCCC-	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i> (Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático)
UN-HABITAT-	<i>United Nations Settlements Programme</i> (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos)
URBS-	<i>Urbanização de Curitiba S.A</i>
US DOE-	<i>United States Department of Energy</i> (Departamento de Energía de los Estados Unidos)
US EPA-	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
USP-	<i>Universidade de São Paulo</i>
UTFPR-	<i>Universidade Tecnológica Federal do Paraná</i>
V2G-	<i>Vehicle to Grid</i>
V2V-	<i>Vehicle to Vehicle</i>
VE-	Vehículos Eléctricos
VEB-	Vehículo Eléctrico a Batería
VECC-	Vehículo Eléctrico a Célula de Combustible
VEH-	Vehículo Eléctrico Híbrido
VEHP-	Vehículo Eléctrico Híbrido <i>Plug-In</i>
VINNOVA-	<i>The Swedish Governmental Agency for Innovation Systems</i>
VLТ-	<i>Veículo Leve sobre Trilhos</i>
WRI-	<i>World Resources Institute</i>
ZEEUS-	<i>Zero Emission Urban Bus System</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

CH₄-	Metano
CO-	Monóxido de Carbono
CO₂-	Dióxido de Carbono
CO_{2e}-	Dióxido de Carbono Equivalente
km-	Kilómetros
kt-	Kilotoneladas
kWh-	Kilovatio hora
kWp-	Kilovatio pico
MJ-	Megajoules
MP-	Material Particulado
MPcomb-	Material Particulado por combustión
MPdesg-	Material Particulado por desgaste
NMHC-	Hidrocarburos No Metano
NO-	Monóxido de Nitrógeno
NO₂-	Dióxido de Nitrógeno
NO_x-	Óxidos de Nitrógeno
N₂O-	Óxido Nitroso
O₃-	Ozono
pkm-	Pasajeros kilómetro
S₂O-	Dióxido de Azufre
μg-	Microgramos

SUMÁRIO

INTRODUCCIÓN	27
Contextualización del tema de investigación	27
¿Por qué analizar el Nicho de los Buses de Baja Emisión?	32
Estudios de Transición como Marco Analítico-Conceptual y contribución de la investigación	33
Pregunta de investigación	35
Objetivos de la investigación	36
Hipótesis	37
Metodología de la Investigación	39
Estructura de la Tesis	49
CAPÍTULO 1 . MARCO ANALÍTICO-CONCEPTUAL DE LAS TRANSICIONES SOCIO-TÉCNICAS Y DE LA PERSPECTIVA MULTI-NIVEL.....	53
1.1 Conceptos Clave	54
1.2 Enfoques conceptuales asociados a los Estudios de Transición	57
1.3 Antecedentes teóricos y conceptuales de la Perspectiva Multi-Nivel	63
1.3.1 Enfoque de Sistemas	65
1.3.2 Enfoque de Cambio Técnico	69
1.4 Niveles de Análisis de la Perspectiva Multi-Nivel	81
1.4.1 Nivel Macro: Panorama Socio-Técnico (<i>Socio-Technical Landscape</i>)	82
1.4.2 Régimen Socio-Técnico (<i>Socio-Technical Regime</i>)	84
1.4.3 Innovaciones de nicho (<i>Niche Innovations</i>)	86
1.4.4 Perspectiva Multi-Nivel (<i>Multi-Level Perspective</i>)	87
1.4.5 Tipología de las Transiciones Socio-Técnicas	94
1.5 Relevancia académica del Enfoque Analítico-Conceptual de la Perspectiva Multi-Nivel	96
1.6 Críticas y posibilidades de mejora a la Perspectiva Multi-Nivel	97
1.6.1. Falta de Agencia	99
1.6.2. Operacionalización de los Regímenes	101
1.6.3 Sesgo en modelos <i>Bottom-Up</i>	101
1.6.4 Heurística, epistemología y estilo explicativo	102
1.6.5 Metodología de la MLP	103
1.6.6 Panorama Socio-Técnico (<i>Landscape</i>) como categoría residual	104

1.6.7 Ontologías Planas vs. Niveles Jerárquicos.....	104
1.6.8 Sesgo de aplicación de la MLP en países desarrollados	104
1.6.9 Falta de Perspectiva Territorial.....	106
1.7 Consideraciones finales del capítulo	111
CAPÍTULO 2 . SISTEMA SOCIO-TÉCNICO DE LA MOVILIDAD URBANA: FACTORES ASOCIADOS AL PANORAMA SOCIO TÉCNICO (LANDSCAPE)	113
2.1 Introducción	113
2.2 Sistema Socio-Técnico de la Movilidad Urbana.....	113
2.3 Panorama Socio-Técnico de la Movilidad Urbana de Bajo Carbono.....	120
2.3.1 Urbanización.....	121
2.3.2 Cambio Climático	124
2.3.3 Seguridad Energética y Biocombustibles	127
2.3.4 Calidad del aire y su impacto en la Salud Pública	132
2.3.5 Eficiencia Energética	147
2.3.6 Re-direccionamiento estratégico de la industria automovilística y <i>Diesel Gate</i>	155
2.3.7 Disminución del precio de las baterías litio-ion para vehículos eléctricos y/o de baja emisión	160
2.3.8 Consideraciones sobre el Panorama Socio-Técnico	163
CAPÍTULO 3 . RÉGIMEN SOCIO-TÉCNICO DE LA MOVILIDAD URBANA EN BRASIL.....	166
3.1 Introducción	166
3.2 Movilidad Urbana: flota circulante y emisiones del transporte <i>rodoviário</i>	166
3.3 Transporte Público Colectivo y Políticas de Movilidad Urbana	171
3.4 Industria Automovilística Brasileña.....	175
3.5 Programas y líneas de financiación para buses urbanos.....	181
3.6 Conclusiones del Régimen Socio-Técnico.....	183
CAPÍTULO 4 INNOVACIONES DE NICHOS ASOCIADAS A LOS BUSES DE BAJA EMISIÓN	185
4.1 Introducción	185
4.2 Caracterización de las tecnologías de los buses de baja emisión	185
4.3 Contexto internacional de los buses de baja emisión	190
4.4 Caracterización de las innovaciones de nicho y proyectos de demostración de los buses de baja emisión en Brasil	197
4.4.1 “Ônibus Eléctrico-Híbrido a Etanol” Itaipu-Binacional	199
4.4.2 Proyectos de demostración financiados por la ANNEL	202

4.4.3 Ônibus Elétrico a Bateria Universidade Federal de Santa Catarina UFSC	207
4.4.4 Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio	210
4.4.5 Programa piloto de buses eléctricos en Campinas	214
4.4.6 Movilidad de bajo carbono en Curitiba.....	216
4.5 Actores de nicho asociados a los buses de baja emisión	220
4.5.1 Eletra Tecnologia de Tração Elétrica	221
4.5.2 BYD (Build Your Dreams)	224
4.5.3 VOLVO	228
4.5.4 WEG	229
4.5.5 Baterías Moura.....	231
4.5.6 Empresas de carrocerías.....	232
4.5.7 Empresas de energía eléctrica	232
4.5.8 ABVE Associação Brasileira do Veículo Elétrico	233
4.5.9 Operadores de flota.....	235
4.6 Consideraciones sobre las Innovaciones de Nicho.....	236
CAPÍTULO 5 . CASO DE ESTUDIO: LICITACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO DEL MUNICIPIO DE SÃO PAULO	241
5.1 Introducción	241
5.2 Contextualización del Caso de estudio de São Paulo	242
5.2.1 Sistema de Transporte Público Colectivo de São Paulo	248
5.3 Antecedentes del uso de buses de baja emisión en São Paulo.....	251
5.4 Política de Mudança do Clima no Município de São Paulo	254
5.5 Licitación del Sistema de Transporte Colectivo del Municipio de São Paulo	259
5.6 Retomada del Proceso de Licitación y modificación del Artículo 50 de la <i>Lei do Clima</i>	260
5.7 Creación del Comité Gestor de acompañamiento de la substitución de flota por alternativas más limpias	267
5.8 Cuestionamientos sobre la Licitación y sobre la modificación del Artículo 50	269
5.9 Conclusiones del Caso de Estudio de São Paulo.....	273
CAPÍTULO 6 . CONCLUSIONES	277
6.1 Introducción	277
6.2 Tipología de la Transición Socio-Técnica hacia una movilidad de bajo carbono en Brasil.....	277
6.3 Validación de las hipótesis de la investigación	280

6.4 Oportunidades y desafíos asociados a la inserción de buses de baja emisión en Brasil.....	283
6.5 Estudios futuros.....	289
REFERENCIAS.....	291
APÉNDICE A. EJERCICIO BIBLIOMÉTRICO SOBRE LAS TRANSICIONES HACIA LA SUSTENTABILIDAD Y LA PERSPECTIVA MULTI-NIVEL (MLP).....	306
Dinámica de publicación de artículos científicos	307
Líderes en investigación	308
Principales Revistas de Publicación.....	315
Artículos con mayor número de citas.....	316
Principales conceptos.....	318
ANEXO A. LISTA DE EVENTOS ACADÉMICOS Y SECTORIALES.....	321

TRANSICIONES SOCIO-TÉCNICAS HACIA UNA MOVILIDAD DE BAJO CARBONO: UN ANÁLISIS DEL NICHOS DE LOS BUSES DE BAJA EMISIÓN PARA EL CASO DE BRASIL

INTRODUCCIÓN

Contextualización del tema de investigación

El transporte terrestre (*rodoviário*) es fundamental para la economía y la sociedad. Tiene la función de movilizar a las personas hacia sus lugares de trabajo o estudio y también los bienes y servicios que consumimos y demandamos. Además, el transporte es una importante fuente de crecimiento económico y generación de empleo (EUROPEAN COMMISSION, 2011).

Sin embargo, el transporte terrestre enfrenta una serie de problemáticas asociadas a la movilidad urbana, congestión vehicular, pérdida de espacio público, accidentes de tránsito, y a los impactos negativos sobre la salud¹, por causa de las emisiones sonoras y la exposición a los contaminantes atmosféricos locales. Estos contaminantes locales son generados principalmente por la quema de combustibles fósiles de los Motores de Combustión Interna (MCI) principalmente²: Óxido de Nitrógeno (NOx), Material Particulado (MP), Monóxido de Carbono (CO) e Hidrocarburos (HC), entre otros.

Además de los contaminantes locales, el transporte también genera emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), principalmente Dióxido de Carbono (CO₂). De acuerdo con la IEA *International Energy Agency* (2017a), “el transporte es responsable por aproximadamente un cuarto (24%) de las emisiones globales de CO₂ provenientes de la quema de combustibles”³. En el caso de Latinoamérica, “el transporte es responsable de un 19% de las emisiones de CO₂” (WRI *World Resources Institute*, 2016).

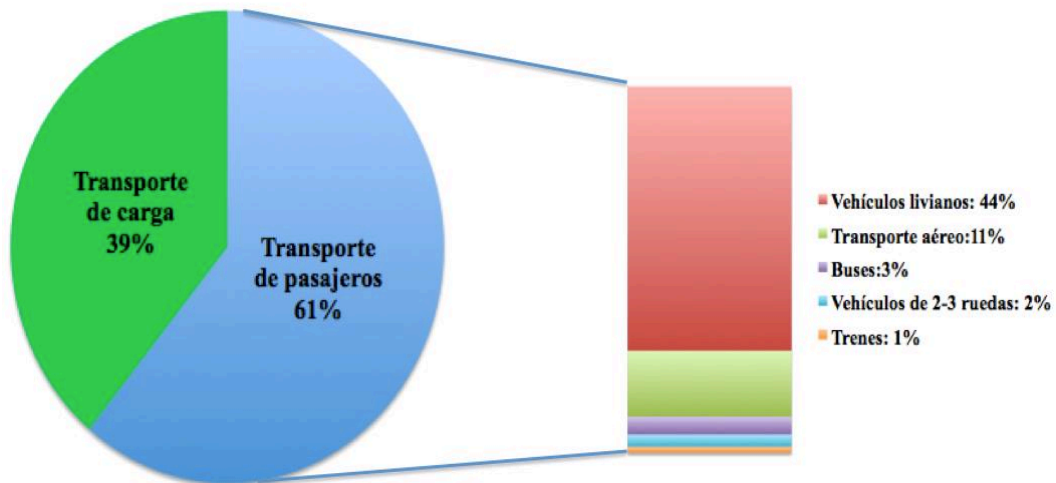
¹ La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018), estima que 9 de cada 10 personas en el mundo respiran aire contaminado.

² Las características específicas de estos contaminantes atmosféricos locales y la estimación de sus emisiones para el caso de Brasil, se explicarán en detalle en el Capítulo 2, que corresponde al Panorama Socio-Técnico.

³ De acuerdo con la (IEA, 2017a), los sectores que más producen emisiones de CO₂ asociadas a la combustión de combustibles son en su orden: Electricidad y Calor (42%); Transporte (24%); Industria (19%); Residencial (6%); Servicios (3%); Otros (6%).

El transporte también es un gran consumidor de energía, provista en su mayor parte por combustibles fósiles que son responsables del aumento de la temperatura global. Según datos de la *U.S Energy Information Administration* (2016), en el año 2012 a nivel mundial, del total de la energía consumida por el sector transporte, el 39% corresponde al transporte de carga y mercancías (camiones, transporte marítimo, trenes de carga) y el 61% restante corresponde al transporte de pasajeros. De este último porcentaje, el 44% corresponde al transporte de vehículos livianos; transporte aéreo (11%) y en menor proporción buses (3%), vehículos de dos y tres ruedas (2%) y trenes (1%) (Ver Gráfico 1) (U.S ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2016).

Gráfico 1 Consumo mundial de energía del sector transporte por modal



Fuente: Elaboración propia con base en los datos de *U.S Energy Information Administration* (2016).

El impacto del transporte terrestre también tiene una relación directa con el crecimiento del número de vehículos. De acuerdo con la *International Organization of Motor Vehicle Manufactures* OICA (2018), en el año 2015 existían cerca de 1.300 millones de vehículos (individuales y comerciales) en circulación en el mundo con una tasa de motorización de 182 vehículos por cada 1000 habitantes, y la previsión es que en el año 2050 habrá aproximadamente 2 billones de vehículos. Para el caso de Latinoamérica, en el año 2015 existían aproximadamente 90 millones de vehículos, con una tasa de motorización de 173 vehículos por cada 1000 habitantes y “la flota de automóviles podría superar las 200 millones de unidades en el año 2025” (PNUMA; UNIÓN EUROPEA, 2017).

Considerando estos números y factores como la edad de la flota de vehículos, políticas que priorizan los vehículos individuales y sistemas de transporte público colectivo ineficientes, entre otros, es posible afirmar que el sistema actual del transporte terrestre, y en consecuencia, el sistema de movilidad urbana, son insostenibles.

En este sentido, es necesario realizar modificaciones importantes en los sistemas dominantes de transporte terrestre y de movilidad urbana, los cuales están basados en el uso masivo de vehículos individuales con MCI y que utilizan combustibles fósiles, y promover una “**transición hacia sistemas de movilidad de bajo carbono**”. Algunas de las posibles iniciativas o “innovaciones de nicho”⁴ que pueden contribuir con este proceso de transición se presentan en el siguiente cuadro:

⁴ Las innovaciones de nicho son definidas por Geels (2002) como espacios de aprendizaje protegidos o aislados y es donde se generan las innovaciones radicales, las cuales son apoyadas por usuarios con demandas especiales. Este concepto será profundizado en el Capítulo 2.

Cuadro 1 Iniciativas o “innovaciones de nicho” que contribuyen a una transición hacia una Movilidad de Bajo Carbono

Iniciativas o “Innovaciones de Nicho”	Contribución a la Movilidad de Bajo Carbono
Viajes intermodales	Incluyen esquemas y políticas destinadas a integrar diferentes modos de transporte en el mismo viaje. Algunos ejemplos son: uso de tarjetas inteligentes para usar en diferentes modos de transporte (metro, buses, tren), estacionamientos de bicicletas en las estaciones del metro, entre otros.
Innovación cultural y socio-espacial	Corresponde a iniciativas enfocadas en reducir el tiempo y la distancia de los viajes, y en el desestímulo a la propiedad de vehículos individuales. Algunos ejemplos son: planificación urbana sostenible, ciudades compactas, desarrollo orientado al tránsito, Zonas de Baja Emisión (<i>Low Emission Zone</i>), vehículos y bicicletas compartidas: <i>car-sharing/bike-sharing</i> , entre otros.
Gestión de la demanda	Está relacionado con iniciativas orientadas a la disminución del uso del vehículo individual, a través de cambios en la demanda y nuevas prácticas de movilidad. Algunos ejemplos son: estímulo de modos de Transporte Activo (no motorizados) como bicicletas y movilidad a pie, sistemas de información para el uso del transporte público, planificación de viajes, entre otros.
Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC’s)	El uso de las TIC’s se puede dividir en dos iniciativas: Sistemas de Transporte Inteligente (<i>Intelligent Transportation System ITS</i>), que integran dispositivos inteligentes en la red de transporte para conocer en tiempo real la gestión del tráfico; y prácticas como el teletrabajo y las compras por internet, las cuales sustituyen la necesidad de realizar viajes y por consiguiente, de utilizar el transporte. Algunos ejemplos son aplicaciones de gestión de tránsito y sistemas de información aplicados al transporte público, para ver en tiempo real los horarios, la distancia y planificar los recorridos.
Tecnologías de Propulsión Eléctrica y/o de Baja Emisión	Estas tecnologías están relacionadas principalmente con los Vehículos Eléctricos (VE) , los cuales alcanzan una mejor eficiencia energética, disminuyen la dependencia de combustibles fósiles y reducen las emisiones de CO ₂ . Los VE se pueden clasificar en: Vehículos Eléctricos a Batería; Vehículos Eléctricos Híbridos; Vehículos Eléctricos Híbridos <i>Plug-in</i> ; Vehículos con Células de Combustible.
Innovaciones en Transporte Público	Están relacionadas con dos iniciativas: la primera, son sistemas que priorizan el uso del transporte público frente al transporte individual, como la implementación de líneas y carriles exclusivos para los buses, conocidos como <i>Bus Rapid Transit (BRT)</i> . La segunda iniciativa, es la incorporación de combustibles alternativos al diésel, como biocombustibles o gas natural en el Transporte Público, y la incorporación de Buses de Baja-Emisión , que utilizan tecnologías de propulsión menos contaminantes, como eléctricas y/o híbridas.

Fuente: Adaptado a partir de BANISTER (2008); DIJK; ORSATO; KEMP, (2013); GEELS, (2012); NYKVIST; WHITMARSH, (2008).

Estas alternativas en conjunto pueden contribuir a la transición hacia una “movilidad de bajo carbono”, o hacia lo que ha sido denominado por Banister (2008) como un “paradigma de movilidad sostenible”, el cual proporciona un paradigma alternativo, que analiza la complejidad de las ciudades y su relación con el uso del transporte y la tierra.

Para Banister (2008), el enfoque de la movilidad sostenible requiere acciones para reducir la necesidad de viajar y la duración de los viajes, fomentar el cambio modal, priorizando el transporte público frente al transporte individual, y donde se aproveche al máximo la tecnología, tanto en el uso de sistemas de información, como en tecnologías de baja emisión, que involucran el uso de combustibles alternativos y/o de sistemas de propulsión eléctricos/híbridos.

Frente a estas diferentes iniciativas, las ciudades, son fundamentales para promover esta transición, debido a que concentran un gran porcentaje la población mundial, lo que genera impactos en el medio ambiente y en la movilidad urbana. Además, los gobiernos locales conocen de cerca los problemas de la ciudad y tienen autonomía para establecer políticas y mecanismos para gestionar y organizar el sistema de transporte terrestre y direccionar cambios en los sistemas de movilidad dominante.

En este contexto, y teniendo en cuenta que existen diferentes alternativas y barreras que pueden promover o frenar el proceso de transición socio-técnica hacia una movilidad de bajo carbono, la presente tesis de doctorado tiene como objetivo principal analizar el **Nicho de los Buses de Baja Emisión en el Sistema de Transporte Público Colectivo de Brasil**.

La implementación de Buses de Baja Emisión combina dos alternativas viables que pueden contribuir para la transición hacia una movilidad de bajo carbono: implementación de tecnologías de propulsión eléctricas y/o de baja emisión, e innovaciones en el transporte público. Algunas de las alternativas o innovaciones de nicho asociadas a los buses de baja emisión que se analizan para el caso de Brasil son:

- Buses híbridos: híbridos convencionales, híbridos eléctricos *plug-in*, híbridos eléctricos a etanol.
- Buses Eléctricos: Buses Eléctricos a Batería y Trolebús.
- Buses con Células de Hidrógeno.

Además de las tecnologías asociadas a los sistemas de propulsión, también se analiza el uso de combustibles fósiles de baja emisión como los buses movidos con Gas Natural Vehicular (GNV) y Buses que utilizan combustibles alternativos al diésel de origen fósil (*óleo-diesel*), como los biocombustibles: diésel de caña de azúcar, biodiesel y biometano.

Todas estas alternativas tecnológicas asociadas a los buses de baja emisión tienen ventajas y beneficios para impulsar mudanzas en los sistemas dominantes de la movilidad urbana, pero también existen diferentes resistencias y barreras que pueden impedir su inserción en los Sistemas de Transporte Público Colectivo de Brasil.

¿Por qué analizar el Nicho de los Buses de Baja Emisión?

Existen diferentes argumentos que permiten justificar la selección de los buses de baja emisión, como unidad de análisis, los cuales se describen a continuación. Comparativamente, un bus transporta una mayor cantidad de pasajeros y ocupa menos espacio urbano, en relación a los vehículos individuales⁵, lo que contribuye a una mejora en la movilidad urbana.

Además, debido a que el consumo mundial de energía de los buses es menor en comparación con los vehículos individuales (del total de consumo de energía del transporte de pasajeros, solo el 3% corresponde a los buses), la implementación de buses de baja emisión, permitirá así una mayor eficiencia energética.

Latinoamérica es la región del mundo donde hay un uso más alto de buses *pér cápita* del mundo, razón por la cual la incorporación de buses de baja emisión, posee un potencial estratégico importante para mejorar la calidad del aire y la movilidad en las grandes ciudades y podría constituirse como la puerta de entrada de tecnologías de propulsión eléctrica y/o híbrida (PNUMA; UNIÓN EUROPEA, 2017).

Para el caso de Brasil, los buses urbanos representan el 86,3% de la participación en el total del transporte público colectivo, con una flota aproximada de 107.000 buses y un total de 39.585.078 pasajeros transportados por día⁶ (NTU, 2018). Sin embargo, la participación de los buses en el total de la flota circulante de Brasil, es de solo 1% en contraste con la de los vehículos individuales que es de 64% (SINDIPEÇAS-ABIPEÇAS, 2018), lo que indica la necesidad de realizar un cambio de modal, que priorice el transporte público frente al transporte individual.

⁵ Un ejercicio realizado por el Periódico *Folha de São Paulo* en Enero de 2016, permitió verificar que el transporte colectivo, representado en los buses, es el que genera menor impacto en el uso del espacio urbano. Para transportar 48 personas, con el promedio de la ciudad de São Paulo de 1,2 personas por vehículo son necesarios: 40 carros que ocupan 840 metros cuadrados, 48 bicicletas que ocupan 92 metros cuadrados y un bus que ocupa 50 metros cuadrados (DIÁRIO DO TRANSPORTE, 2016c).

⁶ Según datos de la NTU (*Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos*), este número de pasajeros transportados considera el 20,9% de las gratuidades.

Pero no es suficiente con el cambio de modal. Para que los buses urbanos contribuyan a una transición hacia una movilidad de bajo carbono, es indispensable que se realice una substitución del uso del diésel del origen fósil, por combustibles alternativos y/o por tecnologías de propulsión eléctricas/híbridas, lo que mitigaría en parte el impacto del transporte terrestre en el medio ambiente y en la salud pública.

El análisis de la incorporación de buses de baja emisión en Brasil, también puede generar una oportunidad para que empresas automovilísticas y de autopartes (nacionales y extranjeras localizadas en Brasil), desarrollen tecnologías propias de baja emisión y/o eléctricas. En el caso de Brasil específicamente, puede existir la posibilidad de incorporar tecnologías de buses híbridos eléctricos a etanol, como una alternativa para aprovechar todas las capacidades que existen en el país en relación al uso del etanol y de biocombustibles.

Además, es importante señalar que ciudades como São Paulo, Curitiba, Campinas, Florianópolis, entre otras, han implementado proyectos piloto y de demostración entre universidades-empresas-gobiernos locales, con el fin de conocer la tecnología relacionada con los buses de baja emisión.

Para el caso del Municipio de São Paulo, se identificaron dos iniciativas en curso que son consideradas como estratégicas para la inserción de buses de baja emisión en Brasil: El proceso de Licitación del Sistema de Transporte Público Colectivo en el Municipio de São Paulo y la Ley Ambiental 16.802 del 18 de Enero de 2018, que modifica el Artículo 50 de la Ley 14.933 de 2009. Tanto la licitación, como la nueva ley están articuladas en función de la reducción progresiva de emisión de contaminantes provenientes de los buses urbanos principalmente CO₂, NO_x y Material Particulado. El cronograma establecido implica que necesariamente se deben incorporar buses de baja emisión para cumplir las metas de reducción de emisiones, lo cual abre una interesante ventaja de oportunidad para estas tecnologías.

Estudios de Transición como Marco Analítico-Conceptual ⁷ y contribución de la investigación

La introducción de Buses de Baja Emisión, como una de las innovaciones de nicho para mitigar el impacto del transporte terrestre en el medio ambiente y reducir los

⁷ El Capítulo 1 analizará de forma detallada el Marco Teórico-Conceptual de los Estudios de Transición, con énfasis en la Perspectiva Multi-Nivel (*Multi-Level Perspective*).

problemas de movilidad en las ciudades, no es solo un problema de carácter tecnológico, económico o de mercado. Por el contrario, tiene asociado una serie de elementos políticos, sociales y culturales, que deben analizarse en conjunto para que efectivamente se realice una transición hacia una Movilidad de Bajo Carbono. En este sentido, es necesario un “*enfoque multidisciplinar que permita entender la complejidad de la movilidad moderna*” (GEELS, 2012).

Los enfoques analíticos de las Transiciones hacia la Sustentabilidad (*Sustainability Transitions*), Transiciones Socio-Técnicas (*Socio-Technical Transitions*) y la Perspectiva Multi-Nivel (*Multi-Level Perspective MLP*), permiten conceptualizar las transiciones hacia sistemas de transporte de baja emisión, como una configuración de elementos que incluyen la tecnología, la política, los mercados, la industria, las prácticas de consumo, la infraestructura y el conocimiento cultural y científico.

Específicamente, la Perspectiva Multi-Nivel argumenta que estas transiciones se dan a través de interacciones en tres niveles de análisis: Nivel micro: Innovaciones de Nicho (*Niche Innovation*); Nivel Meso: Régimen Socio-Técnico (*Socio-Technical Regime*); Nivel Macro: Panorama Socio-Técnico⁸ (*Socio-Technical Landscape*) (ELZEN; GEELS; GREEN (2004); GEELS (2002), (2004A), (2005), (2010), (2012); GEELS; SCHOT (2007); KEMP, (1994); KEMP; SCHOT; HOOGMA (1998); SMITH; STIRLING; BERKHOUT (2005); SCHOT; HOOGMA; ELZEN (1994); SMITH; VOS; GRIN (2010)), entre otros.

El enfoque de las Transiciones Socio-Técnicas constituye un “**Proceso Co-Evolutivo**” que toma décadas en desarrollarse y que involucra la participación de diferentes actores y grupos sociales (GEELS, 2012). Por lo general, los casos de estudios que utilizan la Perspectiva Multi-Nivel (MLP), están asociados a procesos de transición históricos que ya han generado un proceso de transición de un sistema socio-técnico a un nuevo sistema socio-técnico. Algunos casos de estudio que analizaron una “transición completa” son: la transición de los carruajes tirados por caballos a los automóviles (1860-1930) (GEELS, 2005b); transición de los barcos de vela a los barcos de vapor (1780-1900) (GEELS, 2002); y el proceso de transición de la aviación (1930-1970) (GEELS, 2006), entre otros.

⁸ Debido que no hay una traducción literal de la expresión en inglés “*Socio-Technical Landscape*” para el idioma español, en la presente investigación se utilizará la expresión “Panorama Socio-Técnico” para expresar las características asociadas al nivel macro de la Perspectiva Multi-Nivel, definida y explicada claramente en GEELS, 2002, 2005; GEELS; SCHOT, 2007, entre otros.

Además, gran parte de los estudios que utilizan la MLP como marco analítico-conceptual, analizan procesos de transición a escala nacional y con aplicación en países desarrollados, principalmente europeos. Estos aspectos han sido objeto de numerosas críticas, pero también abre la posibilidad de nuevas oportunidades de investigación⁹.

En este sentido, la contribución de esta investigación en relación a la aplicación del marco-teórico conceptual de la Perspectiva Multi-Nivel está relacionada en tres aspectos principales:

i) El análisis se aplicó a una “transición en curso” y no a una transición histórica o ya consolidada, lo cual genera ciertas incertidumbres y expectativas acerca del resultado futuro de la transición.

ii) Se analizó el caso de un país en desarrollo como Brasil, que tiene una connotación diferente a los países desarrollados, dadas las características específicas del territorio, el grado de interacción y gobernanza entre los actores y las instituciones, y las luchas y conflictos que se generan entre ellos.

iii) Aunque el análisis general está enfocado en Brasil, se hace un énfasis especial al Proceso de Licitación del Sistema de Transporte Público Colectivo en el Municipio de São Paulo, lo que destaca la importancia de las ciudades y de las políticas locales para el estímulo o bloqueo de un proceso de transición hacia una movilidad de bajo carbono.

Además, el uso de un marco analítico-conceptual como la Perspectiva Multi-Nivel, que integra diversas teorías asociadas a los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESCT) y a Teorías Económicas de la Innovación y Cambio Técnico, está alineado al carácter multidisciplinar del Departamento de Política Científica y Tecnológica de la Universidad Estadual de Campinas y puede contribuir en la discusión del papel de la ciencia y de la tecnología en procesos de transición hacia sistemas socio-técnicos más sustentables.

Pregunta de investigación

Pensar acerca de las oportunidades, ventajas, barreras y desafíos que implica la incorporación de una innovación de nicho como los buses de baja emisión, es una cuestión que demanda nuevas investigaciones y desarrollos tecnológicos, políticos, económicos,

⁹ En el Capítulo 1, la Sección 1.6 explora en detalle las críticas y posibilidades de mejora a la Perspectiva Multi-Nivel.

sociales, culturales y organizacionales. Entender cómo los buses de baja emisión pueden estimular el proceso de transición socio-técnica hacia una movilidad de bajo carbono, constituye la preocupación central de esta Tesis de Doctorado. Así, la pregunta central de investigación que se plantea es:

¿Cuáles son las oportunidades y desafíos asociados a la inserción del nicho de Buses de Baja Emisión y su contribución para una transición socio-técnica hacia un Sistema de Movilidad de Bajo Carbono en Brasil?

A partir de la pregunta central se derivan las siguientes preguntas de investigación

- ¿Cuáles son los factores exógenos de carácter mundial, nacional y/o local que presionan a los Sistemas Socio-Técnicos Dominantes de la Movilidad Urbana y del Transporte Urbano, ya sea para generar cambios o para reforzar sus características?
- ¿Cuáles son las características y los principales actores de los Regímenes Socio-Técnicos del Transporte Urbano en Brasil?
- ¿Cuáles son las características de las Innovaciones de Nicho asociadas a los buses de baja emisión para el caso brasileiro?
- ¿Existen procesos de inserción del nicho de buses de baja emisión en Brasil, que puedan considerarse como ventanas de oportunidad para modificar el Régimen Socio-Técnico Dominante de los Sistemas de Movilidad Urbana y Transporte Urbano?
- ¿Cuál actor y/o actores serían los llamados a liderar o conducir este proceso de Transición Socio-Técnica hacia una Movilidad de Bajo Carbono en Brasil?

Objetivos de la investigación

Objetivo General

El objetivo general de la presente investigación consiste en: “Identificar y analizar las oportunidades y desafíos asociados a la inserción del nicho de buses de baja emisión y su contribución para la transición socio-técnica hacia un sistema de movilidad de bajo carbono en Brasil”.

Objetivos Específicos

Para identificar y analizar estas oportunidades y desafíos, se proponen cuatro objetivos específicos:

1. Identificar los factores políticos, ambientales, económicos, industriales, tecnológicos, sociales y culturales asociados al Panorama Socio-Técnico, que ejercen presión en el régimen socio-técnico dominante de la movilidad urbana y del transporte urbano y en las innovaciones de nicho de buses de baja emisión.

2. Caracterizar el régimen socio-técnico de la movilidad urbana y del transporte urbano en Brasil: principales políticas, actores involucrados, dinámica de mercado, y aspectos industriales, ambientales, financieros y culturales.

3. Identificar las principales características, actores y proyectos de demostración relacionados con las innovaciones de nicho de los buses de baja emisión en Brasil.

4. Caracterizar el proceso de Licitación del Sistema de Transporte Público Colectivo en el Municipio de São Paulo, como una ventana de oportunidad para la inserción del nicho de los buses de baja emisión en Brasil.

Hipótesis

A partir de la pregunta de investigación, los objetivos propuestos, y el marco analítico-conceptual seleccionado, la presente investigación se plantea las siguientes hipótesis, las cuáles también pueden ser consideradas como premisas que nortean el desarrollo de la investigación:

Hipótesis 1: Las políticas locales de transporte público, movilidad urbana y medio ambiente lideradas por las ciudades, se constituyen en un actor fundamental para direccionar procesos de transición socio-técnica hacia un sistema de movilidad de bajo carbono en Brasil.

Hipótesis 2: Las características territoriales y del contexto socio-económico Brasileño, son importantes para determinar que no existe un único “diseño dominante” que consiga modificar el régimen socio-técnico de la movilidad urbana y del transporte urbano, caracterizado por el uso intensivo del transporte individual y de combustibles fósiles.

Las dos hipótesis o premisas incorporan el análisis de la “Perspectiva Territorial” relacionada al lugar donde se producen las transiciones, aspecto que ha sido descuidado en los estudios de transición (COENEN; BENNEWORTH; TRUFFER, (2012); HANSEN; COENEN, (2015); TRUFFER; COENEN, (2012); TRUFFER; MURPHY; RAVEN, (2015))¹⁰. Las características políticas, económicas, tecnológicas, sociales y culturales del caso brasileiro no son homogéneas en todo el territorio.

En este sentido, la primera hipótesis además de darle un papel estratégico a la ciudad como direccionadora de procesos de transición, también evidencia que las características propias de una ciudad de un país en desarrollo, pueden estimular y al mismo tiempo dificultar este proceso de transición.

En relación a la segunda hipótesis, la Perspectiva Multi-Nivel plantea que existen diferentes fases o momentos asociados al proceso de transición socio-técnica¹¹. La última fase ha sido denominada por Geels (2002) como “*Reemplazo gradual del régimen establecido y transformaciones más amplias*”, en la cual la nueva tecnología o innovación de nicho objeto de análisis, se consolida como un “diseño dominante”, con un mejor rendimiento y desempeño, por lo cual consigue substituir a la antigua tecnología y transformar el Régimen Socio-Técnico. Siguiendo estos lineamientos, muchos estudios de Transiciones Socio-Técnicas, se han concentrado en analizar innovaciones de nicho disruptivas y radicales, subestimando el papel que las innovaciones incrementales pueden ejercer para transformar los regímenes dominantes.

En este sentido, para el caso de Brasil, la segunda hipótesis difiere de los planteamientos de la MLP, ya que para esta investigación se considera como premisa que no hay un diseño dominante y que por el contrario existe un “conjunto de innovaciones de nicho” o “mix de tecnologías” asociadas a los buses de baja emisión. Estas tecnologías son complementarias entre si y también con tecnologías incrementales asociadas al régimen socio-técnico. La articulación entre este conjunto de innovaciones de nicho e innovaciones incrementales se convierten en una oportunidad para estimular procesos de transición socio-técnica hacia sistemas de movilidad de bajo carbono.

¹⁰ La discusión sobre la Perspectiva Territorial, que ha sido denominada como Geografía de las Transiciones hacia la Sustentabilidad, se presenta en la sección 1.6 que corresponde a la críticas y posibilidades de mejora de la MLP.

¹¹ En el Capítulo 1 que corresponde al Marco Teórico, específicamente en la sección 1.4.4 se describe en detalle este proceso de transición socio-técnica.

Esta segunda hipótesis está alineada con algunos elementos planteados por Geels, (2018a); Dijk, (2014); Marletto (2014), acerca de la existencia de múltiples innovaciones de nicho, múltiples regímenes y cómo estos pueden competir y/o complementarse entre sí.

Recientemente, el trabajo de Geels (2018a) sobre la movilidad de pasajeros en Gran Bretaña (1990-2016), plantea que diferentes innovaciones de nicho (biocombustibles, vehículos eléctricos, tarjetas inteligentes, ciudades compactas y teletrabajo), pueden contribuir a la reconfiguración de múltiples regímenes del transporte (autos, tren, buses, bicicletas) y la combinación de múltiples innovaciones y múltiples regímenes, pueden generar una transición del sistema socio-técnico de la movilidad como un todo. En este sentido, para el caso de Brasil, se plantea como premisa que diferentes tecnologías de buses de baja emisión, tanto de nicho como de régimen, pueden contribuir a una transición hacia una movilidad de bajo carbono.

Metodología de la Investigación

La metodología de la presente investigación está centrada en un análisis cualitativo que usa como referencial analítico-conceptual las Transiciones Socio-Técnicas hacia la sostenibilidad (*Sustainability Transitions, Socio-Technical Transitions*), específicamente el enfoque de la Perspectiva Multi-Nivel (*Multi-Level Perspective MLP*). Los tres niveles analíticos de la Perspectiva Multi-nivel: Panorama Socio-Técnico (*Socio-Technical Landscape*), Régimen Socio-Técnico (*Socio-Technical Regime*) e Innovaciones de Nicho (*Niche Innovations*) orientaron el desarrollo de los capítulos y de la estructura de la tesis y dieron los insumos necesarios para analizar el caso de la inserción del nicho de buses de baja emisión en Brasil.

Las herramientas metodológicas seleccionadas para esta investigación son las siguientes: i. Revisión Bibliográfica; ii) Análisis Bibliométrico; iii) Participación en proyectos de investigación y eventos académicos; iv) Entrevistas a profundidad. Este conjunto de herramientas metodológicas se describen a continuación.

i. Revisión Bibliográfica: La revisión de fuentes secundarias fue realizada en libros, bases de datos de artículos científicos (principalmente *Scopus*¹²), artículos de prensa (internacional y nacional), páginas de internet, políticas y regulaciones asociadas al tema de pesquisa, entre otros.

Para el *Primer Capítulo: “Marco Analítico-Conceptual”*, se realizó una revisión exhaustiva en artículos científicos para comprender las principales características de los Estudios de Transición hacia la Sustentabilidad y de la Perspectiva Multi-Nivel. Además de los artículos, se consultaron tres libros que fueron fundamentales para identificar los antecedentes teóricos de la MLP y su aplicación en la industria automovilística y en la movilidad urbana: “*System Innovation and the Transition to Sustainability. Theory, Evidence and Policy*” (ELZEN; GEELS; GREEN, 2004); “*Technological Transitions and System Innovations. A Co-Evolutionary and Socio-Technical Analysis*” (GEELS, 2005a); y “*Automobility in Transition? A Socio-Technical Analysis of Sustainable Transport*” (GEELS et al., 2012).

A partir de esta revisión, se determinó que la Perspectiva Multi-Nivel se constituye como el enfoque analítico más pertinente, ya que aporta elementos de carácter multidisciplinar, que permiten facilitar el análisis conjunto de aspectos políticos, económicos, sociales, culturales y ambientales asociados a procesos de transición hacia sistemas más sostenibles, como es el caso de la movilidad de bajo carbono y el nicho específico de los buses de baja emisión.

La revisión bibliográfica del *Segundo Capítulo: “Panorama Socio-Técnico (Landscape)”*, consistió en analizar informes, políticas y artículos científicos relacionados con la urbanización, el cambio climático, impacto de las emisiones de contaminantes locales en la salud pública, seguridad energética y biocombustibles, políticas de eficiencia energética, re-direccionamiento estratégico de la industria automovilística, *Diesel Gate* y aspectos tecnológicos asociados a la evolución y disminución progresiva de los costos de las baterías para vehículos eléctricos.

Esta revisión bibliográfica fue realizada en documentos y políticas a nivel internacional y cómo estas son abordadas en el plano nacional. Para esto, fueron consultadas páginas web y documentos de política pública de entidades gubernamentales, como el

¹² La base de datos *Scopus* está disponible en el Portal de Periódicos de la Capes y ofrece acceso libre a estudiantes y profesores de diferentes universidades e instituciones de educación superior, como la Universidad Estadual de Campinas, Unicamp.

Ministério do Meio Ambiente (MMA), CONAMA, Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério das Cidades, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), entre otros.

En el *Tercer Capítulo: “Régimen Socio-Técnico”*, se realizó una revisión bibliográfica de las características de los sistemas actuales de la Movilidad Urbana en Brasil, enfocada en la flota circulante, emisiones del transporte terrestre, consumo de combustible y dinámica de mercado y programas y líneas de financiamiento. Fueron consultados informes y anuarios estadísticos de Asociaciones de Clase como: ANFAVEA, ABIPEÇAS, FABUS, FENABRAVE, NTU y SINDIPEÇAS. Para el caso de las emisiones de GEI y de contaminantes locales de los diferentes modos de transporte *rodoviário*, se consultó el *Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa* (SEEG) y para analizar los programas de financiamiento de buses urbanos, se consultaron documentos y la páginas web del BNDES.

También se revisaron políticas de movilidad urbana que priorizan el uso del transporte público sobre el transporte individual, principalmente la *Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU)* y el *Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)*, el cual apoya proyectos de movilidad urbana como BRT y corredores exclusivos de buses.

En el *Cuarto Capítulo: “Innovaciones de Nicho”*, la revisión bibliográfica estuvo enfocada en caracterizar las innovaciones de nicho asociadas a los buses de baja emisión, que son los que constituyen el “artefacto socio-técnico” objeto de estudio. Para esto se caracterizaron las tecnologías de propulsión de baja emisión/eléctricas como: buses con combustibles fósiles de baja emisión (Euro VI; GNV); buses movidos con biocombustibles (biodiesel, biometano, diésel de caña de azúcar); buses híbridos (híbridos convencionales; eléctricos *plug-in*, eléctricos a etanol); buses eléctricos (trolebús, buses eléctricos a batería) y buses con células de hidrógeno.

La revisión bibliográfica también permitió identificar el contexto internacional del mercado de los buses de baja emisión a nivel internacional y de proyectos de demostración y programas de I&D que apoyan la implementación de buses de baja emisión, como es el caso del Proyecto *C40 Cities Climate Leadership Group*, el Proyecto ZeEUS (*Zero Emission Urban Bus Systems*) de la Unión Europea y algunas políticas de electromovilidad en América Latina, específicamente para el caso de Chile y Costa Rica. Esta revisión se realizó en informes especializados en movilidad eléctrica como el EV Outlook 2018 de la IEA

(*International Energy Agency*), de firmas de consultoría como *Bloomberg New Energy Finance*¹³ y de documentos de política ambientales y de movilidad específicos para cada país.

Para el caso de Brasil, la revisión de fuentes secundarias como artículos de prensa, páginas web de universidades, gobiernos locales y empresas de transporte y automovilísticas, permitió la identificación de diferentes iniciativas, programas de demostración y proyectos piloto de I&D asociados con los buses de baja emisión en Brasil.

Finalmente, en el “*Capítulo 5: Caso de la Licitación de Transporte Público Colectivo de São Paulo*” se realizó una revisión bibliográfica en fuentes secundarias como artículos científicos y artículos de prensa. Es importante resaltar que los artículos de el *Diário do Transporte*, fueron claves para la actualización permanente del proceso de Licitación de São Paulo y de otras iniciativas relacionadas con los buses de baja emisión en Brasil. También se consultaron políticas y páginas web de entidades del gobierno local como la *Prefeitura de São Paulo*, la *Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes* y la empresa SPTrans (*São Paulo Transportes S.A*), los cuales permitieron entender los antecedentes, características y regulaciones ambientales y de movilidad asociadas al Proceso de Licitación del Sistema de Transporte Colectivo de São Paulo.

Las informaciones recolectadas a partir de la revisión bibliográfica fueron analizadas de acuerdo a los objetivos de la investigación y para el caso de los artículos científicos y capítulos de libro, fueron elaboradas fichas de lectura con los principales contribuciones de cada texto, las cuales ayudaron a fortalecer los argumentos de la investigación y a contrastar la teoría con los hallazgos empíricos.

ii. Análisis Bibliométrico: Con el objetivo de justificar la selección del Marco Analítico-Conceptual de los Estudios de Transición y su pertinencia para analizar funciones sociales o funciones básicas para la sociedad (*societal functions*) como: transporte, vivienda, energías renovables, movilidad eléctrica, entre otras, se realizó un ejercicio bibliométrico, basado en el trabajo realizado por Markard; Raven; Truffer (2012)¹⁴, en el cual se identificó la

¹³ Una de las dificultades identificadas en relación a la disponibilidad de datos de mercado de los buses de baja emisión en el mundo, fue que la mayoría de los reportes internacionales es realizado por empresas de consultoría que cobran entre US\$ 3.500 y US\$ 5.000 dólares por reporte, razón por la cual no fue posible tener acceso a estos datos y estadísticas consolidadas.

¹⁴ El trabajo de Markard; Raven; Truffer (2012), identificó un conjunto de 540 artículos científicos asociados con los diferentes enfoques de las transiciones hacia la sustentabilidad. Los aspectos analizados fueron: dinámica de la publicación y las citaciones entre el periodo 1998-2011; artículos más citados; principales revistas y ediciones especiales relacionadas con las transiciones; enfoque de análisis de los artículos (global, nacional, regional, urbano, organizacional, conceptual); principales tópicos analizados; entre otros.

evolución y el crecimiento de las publicaciones relacionadas con las transiciones hacia la sustentabilidad.

El ejercicio bibliométrico de la presente investigación se enfocó principalmente en los artículos científicos que abordan el análisis de las Transiciones hacia la Sustentabilidad, la Perspectiva Multi-Nivel y que presentan casos de estudio en sistemas de transporte y movilidad. Se utilizó la base de datos de artículos científicos *Scopus* para realizar las búsquedas.

El procesamiento de la información se realizó con el software de minería de datos *Orbit Intellixir*¹⁵, donde se identificó la importancia reciente de este campo de estudios, sus principales representantes (países, autores), líneas de investigación, redes de colaboración, principales revistas y el impacto de sus publicaciones, medido por las citaciones. Los resultados de este ejercicio bibliométrico se presentan en el Apéndice A.

iii. Participación en proyectos de investigación y en eventos académicos y sectoriales

Durante el periodo 2015-2018, la autora, como parte del Grupo de Investigación LEVE (*Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico*), liderado por la profesora Dra. Flávia L. Consoni, tuvo la oportunidad de participar en cuatro proyectos de investigación relacionados con la temática de la pesquisa.

El primer proyecto: “*Viabilidade da criação de um cluster de mobilidade elétrica no Brasil: caracterização da cadeia de valor e das políticas regulatórias e de incentivo*”, fue coordinado por el Grupo CPFL Energía de Campinas y financiado con recursos de I&D de la ANEEL (*Agência Nacional de Energia Elétrica*). Gracias a este proyecto fue posible entender la dinámica de la movilidad eléctrica en Brasil, la interacción entre los diferentes actores y la importancia del transporte público de baja emisión en Brasil, lo que permitió seleccionar este nicho como el objetivo de la presente investigación.

El segundo proyecto: “*Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos*” hizo parte del proyecto “*PROMOB-E Sistemas de Propulsão Eficiente*”. Este proyecto de cooperación técnica es ejecutado por el *Ministério da Indústria, Comercio Exterior e Serviços*

¹⁵ *Orbit Intellixir*, de la empresa francesa *The Intellixir Company*, es una herramienta de minería de datos para el procesamiento, organización y análisis de la dinámica de publicación de artículos científicos y patentes y permite, entre otras cosas, mapear las relaciones entre autores, países e instituciones.

(MDIC) en alianza con el Ministerio Alemán de Cooperación Económica para el Desarrollo, por medio de la Agencia de Cooperación Alemana GIZ (*Deutsche Gesellschaft für Internationalite Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*). La participación en este proyecto fue importante para identificar las características de la gobernanza y los principales actores e instituciones asociadas la movilidad eléctrica en Brasil, en sus diferentes segmentos.

El tercer proyecto de investigación: “*Modelo de Negócios da implementação de ônibus elétricos no Município de São Paulo*”, hizo parte del proyecto Promob-E. Gracias a la participación en este proyecto fue posible conocer detalladamente el proceso de Licitación del Sistema de Transporte Público de São Paulo e interactuar permanentemente con el equipo de trabajo de la empresa SPTrans (*São Paulo Transportes S.A*), que es la encargada de gestionar las líneas de buses operadas por empresas privadas. Además, la SPTrans también fue la encargada de definir las condiciones de la Licitación en lo relacionado con la implementación de alternativas tecnológicas para el Sistema de Transporte Público.

El cuarto proyecto de investigación “*Plano Nacional de Eletromobilidade para o Brasil*” fue una actividad de apoyo para el MDIC, bajo la coordinación de la GIZ, que consistió en la discusión de las políticas públicas que deberían hacer parte de una estrategia nacional para promover y ampliar esfuerzos e inversiones en relación a la movilidad eléctrica en Brasil. La participación en este proyecto permitió analizar cuáles podrían ser las acciones estratégicas necesarias para estimular el transporte público eléctrico y/o de baja emisión en Brasil, de forma orgánica y estructurada.

Gracias a estos proyectos y al financiamiento del Departamento de Política Científica y Tecnológica (DPCT), fue posible participar de un total de Treinta y cuatro (34) eventos académicos y sectoriales como congresos, simposios, *workshops*, reuniones y debates, relacionados con la movilidad eléctrica y el componente del transporte público colectivo de baja emisión. Se destaca la participación en diferentes versiones de los siguientes eventos: *Salão Latino-americano do Veículo Elétrico*, organizado por la *Associação Brasileira do Veículo Elétrico* (ABVE); Coloquios Internacionales de Gerpisa (*International Network of the Automobile*); *Simpósio SAE Brasil de Veículos Elétricos e Híbridos*, entre otros. La lista completa de los eventos sectoriales y académicos se presenta en el Anexo A.

iv. Entrevistas a profundidad y trabajo de campo

Finalmente, se realizaron entrevistas a profundidad y un trabajo de campo, como una herramienta metodológica fundamental para recolectar informaciones de fuentes primarias. Las entrevistas y el trabajo de campo se realizaron con las entidades, organizaciones y actores asociados a los operadores de flota, entidades medio-ambientales, Centros de I&D, universidades, empresas de buses de baja emisión, ONG (Organizaciones no gubernamentales) y tomadores de decisión (*Policy-Makers*).

Las entrevistas permitieron comprender las motivaciones de los diferentes actores en la promoción de buses de baja emisión y los aspectos que bloquean o limitan su implementación. Además, a partir del trabajo de campo, fue posible identificar las capacidades locales de producción, competencias, los procesos de aprendizaje, los proyectos de I&D, las alianzas en torno a las innovaciones de nicho de buses de baja emisión.

Las entrevistas siguieron una estructura semi-estructurada, tuvieron una duración promedio de 1 hora y fueron realizadas durante el periodo 2016-2018. Las preguntas fueron elaboradas de acuerdo al perfil del entrevistado y a su actuación en relación al objetivo de la presente investigación. En muchos casos, los actores entrevistados sugirieron y recomendaron otros actores y expertos que de acuerdo a su conocimiento podrían ser importantes para fortalecimiento de la investigación, siguiendo así una metodología de “bola de nieve”.

Las entrevistas fueron grabadas con autorización de los actores y posteriormente fue realizada una transcripción integral de la misma. Durante el documento, se presentarán entre comillas, algunos apartes de las percepciones de los entrevistados frente a los diferentes aspectos cuestionados durante la investigación.

Para guardar la confidencialidad de los actores entrevistados, en el Cuadro 2 solo se presenta el cargo y la empresa del entrevistado, los cuales se identifican con un código de entrevista. Es importante resaltar que de acuerdo al carácter dinámico de la investigación, específicamente en lo que tiene que ver con la Licitación del Sistema de Transporte Público Colectivo de São Paulo, un mismo actor fue entrevistado en varias ocasiones. En total se realizaron 25 entrevistas.

Cuadro 2. Relación de entrevistas realizadas y códigos

Fecha	Ciudad	Empresa/Institución	Cargo del entrevistado(s)	Código
04/04/16	Campinas	<i>BYD (Build Your Dreams)</i>	Vicepresidente de Ventas/Director de Relaciones Gubernamentales y Marketing	Entrevista 1
29/06/16	São Bernardo do Campo	<i>Eletra. Tecnologia de Tração Elétrica</i>	Administrador de contratos	Entrevista 2
19/08/16	Curitiba	<i>Volvo Bus Latino-América</i>	Coordinador <i>City Mobility</i>	Entrevista 3
10/02/17	Foz de Iguaçu	<i>Itaipu Binacional</i>	Coordinador General y Coordinador de P&D del Programa de VE	Entrevista 4
06/04/17	Campinas	<i>Coletivos Pádova</i>	Director de la empresa	Entrevista 5
22/09/17	São Paulo	<i>Eletra</i>	Gerente Comercial	Entrevista 6
08/12/17	São Paulo	<i>SPTrans</i>	Gerente de Desarrollo e Innovación Tecnológica	Entrevista 7
16/03/18	São Paulo	<i>Eletropaulo</i>	Gerente de Planeación del Sistema y atención técnica	Entrevista 8
26/03/18	Campinas	<i>BYD</i>	Vicepresidente de Ventas	Entrevista 9
27/03/18	São Paulo	<i>SPTrans</i>	Superintendente de Ingeniería Vehicular y Movilidad Especial	Entrevista 10
10/05/18	Brasília	<i>Secretaria de Estado de Mobilidade do Distrito Federal</i>	Secretario	Entrevista 11
11/05/18	Brasília	<i>NTU (Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos)</i>	Director Técnico	Entrevista 12
11/05/18	Brasília	Empresa Piracicabana	Director General	Entrevista 13
22/05/18	São Paulo	<i>SPTrans</i>	Equipo de Desarrollo e Innovación Tecnológica/Sector de Remuneraciones	Entrevista 14
24/05/18	São Paulo	Greenpeace	Coordinadores de la Campaña de Clima y Energía	Entrevista 15
25/05/18	São Paulo	<i>SPURBANUSS (Sindicato das empresas de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros de São Paulo)</i>	Presidente	Entrevista 16
25/05/18	São Paulo	<i>IEMA (Instituto de Energia e Meio Ambiente)</i>	Coordinador de la Área de Emisiones	Entrevista 17
29/05/18	Campinas	<i>EMDEC (Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas)</i>	Gerente de la División de Innovación y Tecnología para Movilidad Urbana	Entrevista 18
31/05/18	São Paulo	<i>L`Avis Eco-Service</i>	Consultor Ambiental	Entrevista 19
15/06/18	São Paulo	Mercedes Benz	Gerente de Marketing	Entrevista 20

01/08/18	São Paulo	<i>SPTtrans</i>	Superintendente de Ingeniería Vehicular y Movilidad Especial	Entrevista 21
01/08/18	São Paulo	<i>ABVE</i>	Vice-Presidente del Segmento de Pesados	Entrevista 22
28/08/18	Foz de Iguaçu	<i>Itaipu Binacional</i>	Coordinador General y Coordinador de P&D del Programa de VE	Entrevista 23
25/09/18	Jaraguá do Sul	<i>WEG</i>	Director Industrial Sistemas y <i>e-Mobility</i>	Entrevista 24
16/10/18	São Paulo	<i>Baterías Moura</i>	Gerente de Negocios	Entrevista 25

Fuente: Elaboración propia.

Además de las entrevistas, se realizó un trabajo de campo que consistió en visitas técnicas a empresas de buses de baja emisión y en la participación de eventos específicos que permitieron la interacción con actores relacionados al objeto de la investigación. Si bien esta interacción no se constituye como entrevistas a profundidad, estas visitas permitieron conocer las iniciativas relacionadas con los proyectos de demostración de buses de baja emisión en Brasil. La participación de las Audiencias Públicas del Proceso de Licitación de Transporte Público Colectivo de São Paulo, permitieron identificar aspectos relacionados con la gobernanza de los actores y la relevancia de este proceso de licitación, no solo a nivel local, sino también a nivel nacional. Para cada Trabajo de Campo, se tomaron notas sobre los principales aspectos presentados y en muchos casos, los datos fueron complementados con las presentaciones que fueron compartidas por los organizadores de los eventos. En total se realizaron 11 Trabajos de Campo específicos, los cuales se presentan en el Cuadro 3 con su respectivo código de referencia.

Cuadro 3. Relación de trabajos de campo y códigos

Fecha	Ciudad	Empresa/ Institución	Cargo¹⁶	Evento/ Visita	Código
28/04/16	São Bernardo do Campo	EMTU (<i>Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos</i>)	Jefe de Departamento- <i>Desenvolvimento Tecnológico e Meio Ambiente</i>	Visita técnica a EMTU para conocer el “ <i>Ônibus a Célula de Combustível a Hidrogênio</i> ”	Trabajo de Campo 1
10/02/17	Foz de Iguaçu	Itaipu Binacional	Coordinador General y Coordinador de P&D del Programa de VE	Visita técnica instalaciones Programa de VE de Itaipu para conocer el “ <i>Ônibus híbrido a etanol</i> ”	Trabajo de Campo 2
06/04/17	Campinas	BYD	Director de Relaciones Gubernamentales y Marketing	Visita técnica a la fábrica de chasis de buses eléctricos BYD	Trabajo de Campo 3
01/06/17	São Paulo	<i>Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes</i>	Secretario	<i>Audiência Pública da Licitação do Transporte Coletivo de São Paulo</i>	Trabajo de Campo 4
22/09/17	São Paulo	<i>Secretario do Verde e Meio Ambiente</i>	Secretario	“ <i>XIII Salão Latino-Americano do Veículo Elétrico</i> ”	Trabajo de Campo 5
22/09/17	São Paulo	<i>Câmara Municipal de São Paulo</i>	<i>Vereador</i>	“ <i>XIII Salão Latino-Americano do Veículo Elétrico</i> ”	Trabajo de Campo 6
20/10/17	São Paulo	<i>Grupo de Pesquisa Estratégica em Energia Solar. UFSC</i>	Coordinador del Grupo de Investigación	Presentación sobre el Proyecto “ <i>Ônibus Elétrico a Bateria</i> ” de la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC)	Trabajo de Campo 7
27/03/18	São Paulo	<i>Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes</i>	Secretario	Audiencia Pública sobre los Avances de la Licitación del Transporte Público en la Cámara Municipal de São Paulo	Trabajo de Campo 8
09/05/18	Brasília	<i>FURNAS</i>	Gerente de Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica	<i>E-Mob: “Eletromobilidade aplicada ao Transporte Público por Ônibus”</i> Presentación sobre “ <i>Ônibus de propulsão elétrica</i> ”	Trabajo de Campo 9

¹⁶ En esta columna se relaciona el cargo de la persona encargada de realizar la presentación y/o de coordinar la visita técnica.

24/05/18	São Paulo	<i>PROAM (Instituto Brasileiro de Proteção Ambiental)</i>	Presidente PROAM/Consejero de CONAMA	<i>Audiência Pública CONAMA sobre Padrões da Qualidade do Ar</i>	Trabajo de Campo 10
14/06/18	São Bernardo do Campo	SCANIA	Coordinadora de Relaciones Institucionales	Visita técnica organizada por el Coloquio Gerpisa 2018	Trabajo de Campo 11

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, el uso combinado de estas cuatro herramientas metodológicas (revisión bibliográfica; análisis bibliométrico; participación en proyectos de investigación y eventos académicos; y entrevistas en profundidad y trabajos de campo), permitieron contrastar informaciones de fuentes secundarias con informaciones de fuentes primarias relacionadas con la movilidad de bajo carbono en Brasil. La interacción permanente con los principales actores relacionados con los buses de baja emisión en Brasil y en general de la movilidad eléctrica, permitió entender a profundidad el objeto de estudio y estar en constante actualización de las principales noticias, eventos y avances de la investigación, la cual se caracterizó por ser bastante dinámica.

Estructura de la Tesis

El presente documento de tesis está estructurado en Cinco (5) capítulos, además de la introducción y las conclusiones. El **Capítulo 1** corresponde al Marco Analítico-Conceptual que caracteriza las Transiciones Socio-técnicas hacia la Sustentabilidad y la Perspectiva Multi-Nivel (MLP). El objetivo de este Capítulo es identificar los conceptos asociados a las transiciones, y profundizar el análisis de los antecedentes teóricos que inspiraron el marco analítico-conceptual, los cuales le otorgan un carácter multidisciplinar a los estudios de transición. Además, se caracterizan detalladamente los niveles de análisis (Panorama Socio-Técnico; Régimen Socio-Técnico; Innovaciones de Nicho), a partir de los cuales se definen los objetivos de la tesis y se estructura el desarrollo de los siguientes capítulos.

En el Capítulo 1 también se presentan un resumen de los principales resultados del ejercicio bibliométrico de artículos científicos relacionados con la MLP, el cual tiene como objetivo identificar el crecimiento de este campo de estudios y las iniciativas en Brasil. Este ejercicio se presenta en detalle en el Apéndice A. En la parte final, se presentan las

principales críticas realizadas a la Perspectiva Multi-Nivel y nuevas oportunidades de estudio y de refinamientos conceptuales, principalmente en relación a la necesidad de profundizar en las características del territorio donde ocurren las transiciones, como los países en vías de desarrollo y el papel de las ciudades en las transiciones de bajo carbono.

El **Capítulo 2** corresponde al desarrollo del Objetivo 1: “Identificar los factores políticos, ambientales, económicos, industriales, tecnológicos, sociales y culturales, que ejercen presión en el régimen socio-técnico dominante de la movilidad urbana y del transporte urbano y en las innovaciones de nicho de buses de baja emisión”. En este Capítulo se describen los factores del Paisaje Socio-Técnico en el ámbito mundial como: la urbanización, el cambio climático, impacto en la salud pública por la calidad del aire, seguridad energética y biocombustibles, eficiencia energética, re-direccionamiento estratégico de la industria automovilística, *Diesel Gate* y la reducción de costos de las baterías litio-ion para vehículos eléctricos. Además de aspectos del ámbito mundial, también se analizan diferentes políticas nacionales enfocadas en la Adaptación y Mitigación al Cambio Climático, Políticas de Calidad del Aire (CONAMA, PROCONVE), políticas de estímulo a los biocombustibles y a la seguridad energética y políticas industriales y de eficiencia energética relacionadas con la industria automovilística (*Inovar-Auto* y *Programa Rota 2030 Mobilidade e Logística*).

El **Capítulo 3** corresponde al desarrollo del Objetivo 2: “*Caracterizar el régimen socio-técnico de la movilidad urbana y del transporte urbano en Brasil: principales políticas, actores involucrados, dinámica de mercado, y aspectos industriales, ambientales, financieros y culturales*”. En este Capítulo se hace una contextualización del sistema de transporte terrestre (*rodoviário*) en Brasil, su impacto en las emisiones de GEI, la disputa entre transporte individual vs. transporte público, las características del tejido productivo de los buses a diésel (empresas de chasis y carrocerías) y algunas políticas y programas de financiación a buses urbanos. Además, se identifican los principales actores que refuerzan las características del Régimen Dominante, sus intereses y algunas iniciativas enfocadas en innovaciones de carácter incremental.

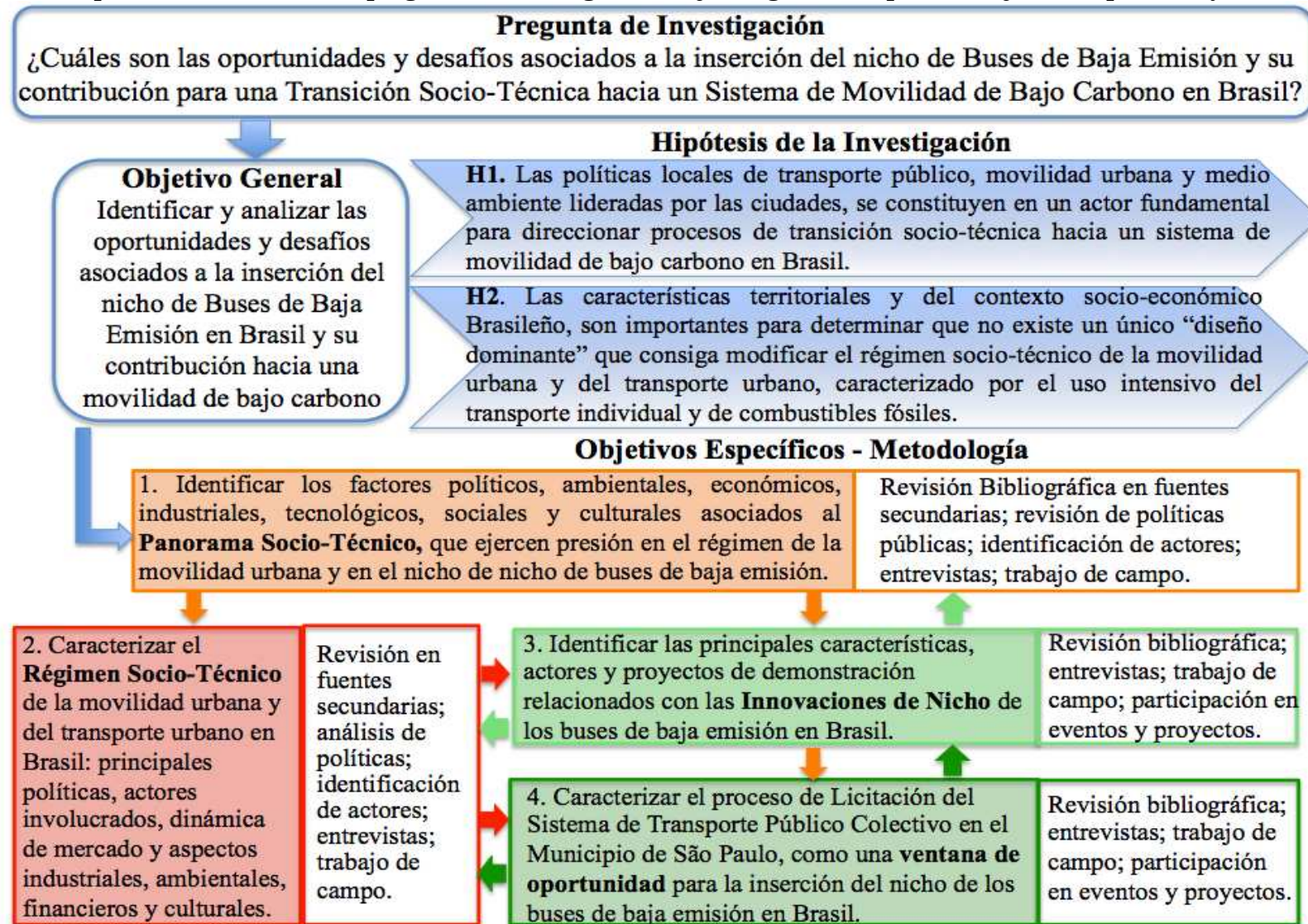
El **Capítulo 4** corresponde al desarrollo del Objetivo 3: “*Identificar las principales características, actores y proyectos de demostración relacionados con las innovaciones de nicho de los buses de baja emisión en Brasil*”. En este capítulo se describen las diferentes iniciativas y proyectos de demostración relacionados con los buses de baja emisión y los principales actores que promueven estas innovaciones de nicho.

El **Capítulo 5** corresponde al Caso de Estudio de São Paulo y al desarrollo del Objetivo 4: *“Caracterizar el proceso de Licitación del Sistema de Transporte Público Colectivo en el Municipio de São Paulo, como una ventana de oportunidad para la inserción del nicho de los buses de baja emisión en Brasil”*. En este Capítulo se realiza una revisión de los antecedentes del Proceso de Licitación de São Paulo, las principales políticas ambientales y de movilidad del municipio y las principales barreras y desafíos del proceso de Licitación. Además también se analiza la gobernanza y la dinámica de los actores involucrados y el papel de la Ciudad de São Paulo como un caso representativo en Brasil y que puede liderar un proceso de transición socio-técnica hacia una movilidad de bajo carbono.

El documento finaliza con un capítulo de conclusiones que hacen una reflexión de los principales hallazgos de la investigación, se responden las hipótesis y las preguntas de investigación y se proponen estudios futuros que pueden complementar y/o profundizar algunos aspectos asociados a la implementación de buses de baja emisión en países latinoamericanos y se proponen algunas acciones estratégicas y recomendaciones de política pública que pueden estimular la implementación y fabricación local de buses de baja emisión en Brasil.

En la siguiente figura se presenta de manera resumida la interrelación entre la pregunta de investigación, las hipótesis, el objetivo general, los objetivos específicos y la metodología propuesta para el desarrollo de la presente investigación. Si bien la estructura de la tesis, la cual está alineada a los niveles de análisis de la MLP, pareciera tener un carácter jerárquico, es importante resaltar que todos los capítulos conversan entre sí y en la figura esto queda evidenciado con la dirección de las flechas que relacionan los diferentes capítulos.

Figura 1 Esquema de relación entre pregunta de investigación, objetivo general, hipótesis, objetivos específicos y metodología



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 1 . MARCO ANALÍTICO-CONCEPTUAL DE LAS TRANSICIONES SOCIO-TÉCNICAS Y DE LA PERSPECTIVA MULTI-NIVEL

En este capítulo se presenta un análisis del Marco Analítico y Conceptual de los Sistemas Socio-Técnicos (*Socio-Technical Systems*), Innovaciones de Sistema (*System Innovation*), Transiciones Socio-Técnicas (*Socio-Technical Transitions*), Transiciones hacia la Sustentabilidad (*Sustainability Transitions*), y de la Perspectiva Multi-Nivel (*Multi-Level Perspective*).

En la primera parte del capítulo se explican en detalle los principales conceptos asociados a este Marco Analítico-Conceptual y los cuatro enfoques asociados a las Transiciones hacia la Sustentabilidad: Gestión de la Transición (*Transitions Management TM*); Sistemas Tecnológicos de Innovación (*Technological Innovation Systems TIS*); Gestión Estratégica de Nichos (*Strategic Niche Management SNM*); y la Perspectiva Multi-Nivel, la cual constituye la base analítica de la presente investigación.

Posteriormente, se expondrán los principales antecedentes teóricos que aportaron elementos para la elaboración de la Perspectiva Multi-Nivel: Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología: Construcción Social de la Tecnología (*Social Construction of Technology SCOT*), Grandes Sistemas Tecnológicos (*Large Technical Systems LTS*) y la Teoría del Actor-Red (*Actor-Network Theory*); Enfoque del Ciclo de Vida de la Tecnología (*Technology Life Cycle Approach*); Teoría de las Ondas Largas (*Long-Wave Theory*); Teoría Evolucionista o Teoría Neo-Schumpeteriana (*Evolutionary Economics*), entre otras.

En la tercera parte, se explicará en detalle el enfoque de la Perspectiva Multi-Nivel y sus tres niveles de análisis: Panorama Socio-Técnico (*Socio-Technical Landscape*), Régimen Socio-Técnico (*Socio-Technical Regime*) e Innovaciones de Nicho (*Niche Innovation*). En esta sección también se explicarán las diferentes fases del proceso de transición y se describirá la Tipología de las Transiciones Socio-Técnicas (GEELS, SCHOT, 2007), que posteriormente servirá para identificar y/o proponer el tipo de Transición Socio-Técnica de las innovaciones de nicho de los buses de baja emisión para el caso de Brasil.

En este capítulo también se presentará un resumen de los principales hallazgos del análisis bibliométrico que tiene como objetivo mostrar la relevancia y el reciente crecimiento de este enfoque analítico-conceptual, a través del análisis de artículos científicos. Los principales aspectos que fueron analizados son: la dinámica de publicación, los principales autores, países, revistas, temáticas e impacto de la publicación medida por la citas. Este análisis se presentará en detalle en el Apéndice A. Finalmente, se expondrán las principales críticas que ha recibido este enfoque analítico y posibles desarrollos futuros de este marco analítico-conceptual.

1.1 Conceptos Clave

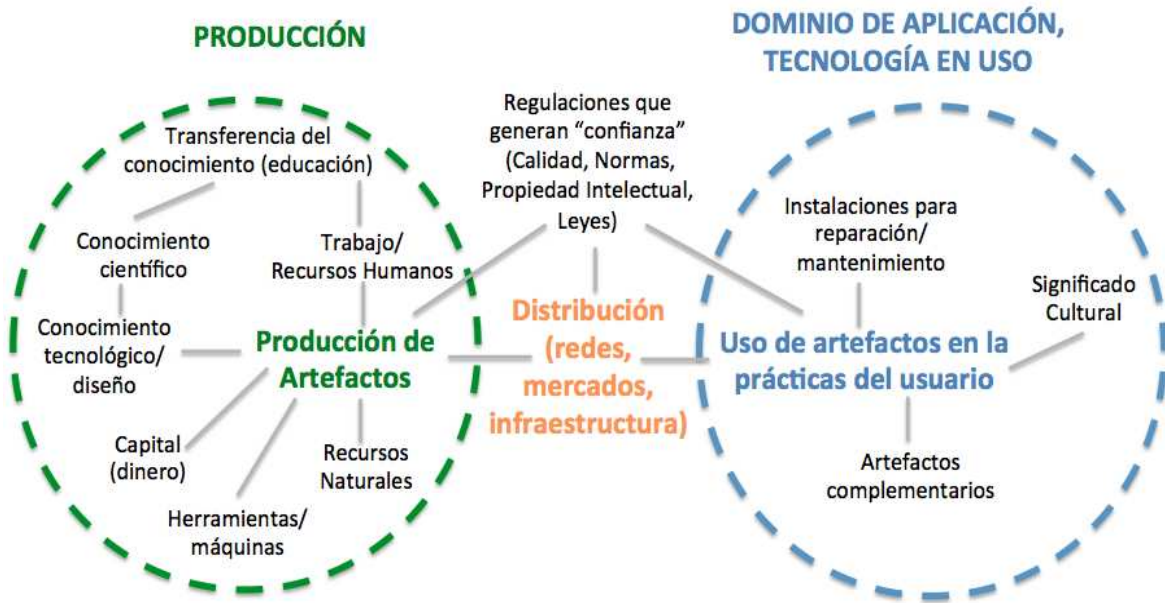
Las **transiciones** son definidas por Rotmans; Kemp; Van Asselt (2001) como:

“Un proceso de cambio gradual y continuo en el que se transforma el carácter estructural de una sociedad (o un subsistema complejo de la sociedad). Las transiciones no son uniformes, y el proceso de transición tampoco es determinista: existen grandes diferencias en la escala de cambio y el período en que ocurren [...] Una transición puede describirse como un conjunto de cambios conectados, que se refuerzan mutuamente pero tienen lugar en diferentes áreas como la tecnología, la economía, las instituciones, el comportamiento, la cultura, la ecología y los sistemas de creencias”. p. 16

En este sentido, las transiciones son procesos complejos que generan grandes transformaciones en las **funciones sociales o funciones básicas para la sociedad** (*societal functions*) como el transporte, comunicaciones, vivienda, agricultura, alimentación, energía entre otros. Los **Sistemas Socio-Técnicos** (*Socio-Technical Systems*) son los vínculos necesarios para cumplir estas funciones sociales. Estos sistemas consisten en una serie de (redes de) actores (individuos, empresas, grupos sociales, academia) e instituciones (sociales, técnicas, normas, regulaciones) así como artefactos, conocimiento, trabajo, capital, recursos naturales, infraestructura, significado cultural y prácticas de los usuarios (GEELS, 2004A; MARKARD; RAVEN; TRUFFER, 2012).

En la Figura 1.1 se representan los elementos y recursos básicos de los Sistemas Socio-Técnicos, los cuales se pueden dividir entre la producción de los artefactos y el uso de los mismos. Todos estos elementos están relacionados entre sí por la interacción de los diferentes actores.

Figura 1.1 Elementos básicos y recursos de los Sistemas Socio-Técnicos



Fuente: (GEELS, 2004a) (Traducción propia).

Las transiciones también pueden ser entendidas como **Innovaciones de Sistema** (*System Innovation*) o **Transiciones Socio-Técnicas** (*Socio-Technical Transitions*)¹⁷ en la medida que implican un “cambio de un Sistema Socio-Técnico a otro” (GEELS, 2004a). Las Transiciones Socio-Técnicas además de los cambios tecnológicos, incluyen cambios en las prácticas de los usuarios y en las estructuras de las instituciones y por lo general están acompañadas de tecnologías complementarias e innovaciones no tecnológicas (MARKARD; RAVEN; TRUFFER, 2012).

El concepto de Innovaciones de Sistema (*System Innovation*), debe ser diferenciado claramente del Enfoque de Sistemas de Innovación (*Systems of Innovations Approach*), el cual es una herramienta analítica que considera que la innovación es un proceso interactivo que involucra la participación de diferentes actores. Este enfoque aportó elementos teóricos para el desarrollo de la Perspectiva Multi-Nivel y sus aportes se explicarán en detalle en la sección 1.3.

¹⁷ Los primeros trabajos asociados a la Perspectiva Multi-Nivel utilizaban el término de Transiciones Tecnológicas (*Technological Transitions* TT) para definir las transformaciones tecnológicas que tenían como objetivo cumplir con las funciones sociales como transporte, vivienda, movilidad, agricultura entre otras (GEELS, 2002). Posteriormente los trabajos de Smith; Stirling; Berkhout (2005) y Geels; Schot, (2007) comenzaron a utilizar el término Transiciones Socio-Técnicas como sinónimo de Innovaciones de Sistema (*System Innovation*) en la medida que además de los cambios tecnológicos, incorporaba cambios en la sociedad, instituciones, prácticas de los usuarios, cultura, infraestructura, entre otros.

Continuando con el análisis de las Transiciones Socio-Técnicas, muchas de estas están relacionadas a los actuales problemas ambientales como el cambio climático, el aumento de las emisiones de los GEI, la seguridad energética, la pérdida de biodiversidad, entre otras. En este sentido, las **Transiciones hacia la Sustentabilidad** (*Sustainability Transitions*) pueden ser entendidas como procesos de transformación a largo plazo, multidimensionales y fundamentales a través de los cuales los sistemas socio-técnicos establecidos cambian a modos más sostenibles de producción y consumo (MARKARD; RAVEN; TRUFFER, 2012).

Las Transiciones hacia la Sustentabilidad necesariamente implican transformaciones en los actuales sistemas de transporte, movilidad, alimentación, agricultura, generación de energía, patrones de consumo, entre otros, donde la participación de actores de diferentes sectores, es clave para que se genere este tipo de transformación.

Geels (2011) identifica tres características asociadas a las Transiciones hacia la Sustentabilidad que las diferencian de otros tipo de transiciones históricas. La primera característica es que las Transiciones hacia la Sustentabilidad están orientadas a objetivos previamente definidos, como lo son la solución de los actuales problemas ambientales. Esto implica que debido a que la sostenibilidad es un “bien público” los actores privados no se verán incentivados a participar, si estos no reciben un beneficio a cambio. En este sentido, la participación de las autoridades gubernamentales y de actores sociales es importante para internalizar las externalidades negativas de los problemas ambientales.

La segunda característica es que las transiciones hacia la sustentabilidad implican necesariamente el apoyo de políticas, subsidios y marcos regulatorios específicos para promover soluciones más sustentables, ya que generalmente las soluciones más sustentables son más costosas y los usuarios no se verán motivados a adoptarlas sin estímulos específicos para su adopción. Esta característica es evidente para el caso de los buses de baja emisión y/o eléctricos a batería, que son comparativamente más costosos que los vehículos con MCI, razón por la cual es imprescindible la aplicación de políticas, subsidios e incentivos monetarios y no monetarios para fomentar su adopción.

La tercera característica, es que existen fuertes mecanismos de *lock-in* en los sistemas que necesitan transiciones hacia la sustentabilidad, como transporte, energía, agricultura, lo que crea una dependencia de la trayectoria (*Path Dependency*) que dificulta este proceso de transición. Las empresas establecidas (*incumbents*), no se verán incentivadas a

modificar sus estructuras ya establecidas si no existen políticas que los “obliguen” a hacerlo o nuevas perspectivas de negocio que puedan traer beneficios económicos futuros.

Así, el enfoque de las Transiciones hacia la Sustentabilidad, parte de una perspectiva más amplia de la sustentabilidad, que no solo busca corregir las fallas asociadas a los problemas ambientales, sino que intenta repensar el Sistema Socio-Técnico como un todo, el cual involucra las dimensiones políticas, tecnológicas, económicas, de mercado, sociales, culturales y sus procesos de transformación. Los actores son los agentes de cambio del sistema socio-técnico, lo cual implica que también debe haber una mudanza en su visión de mundo, sus creencias, valores y su manera de entender la sustentabilidad.

1.2 Enfoques conceptuales asociados a los Estudios de Transición

Debido a la complejidad del análisis de las Transiciones hacia la Sustentabilidad, han surgido diferentes corrientes y enfoques analíticos y conceptuales que intentan explicar estos procesos de transformación. Loorbach; Frantzeskaki; Avelino, (2017) plantean que existen tres grandes enfoques asociados a las Transiciones hacia la Sustentabilidad: Enfoque Socio-Institucional¹⁸; Enfoque Socio-Ecológico¹⁹ y Enfoque Socio-Técnico, el cual va a ser abordado en detalle en esta sección.

De acuerdo con Markard; Raven; Truffer, (2012) hay cuatro líneas de investigación asociadas al Enfoque Socio-Técnico de las Transiciones:

- Gestión de la Transición (*Transitions Management TM*).
- Sistemas Tecnológicos de Innovación (*Technological Innovation Systems TIS*).
- Gestión Estratégica de Nichos (*Strategic Niche Management SNM*).
- *Perspectiva Multi-Nivel (Multi-Level Perspective MLP)*.

Gestión de la Transición (*Transitions Management TM*): Los principales trabajos y autores que han trabajado este enfoque son: Kemp, R.; Loorbach (2006); Kemp, R.; Loorbach; Rotmans, (2007); Loorbach (2010); Meadowcroft (2009); Rotmans; Kemp; Van Asselt (2001); Smith; Stirling; Berkhout (2005); Voß; Smith; Grin, (2009), entre otros.

¹⁸ El Enfoque Socio-Institucional se basa en las ciencias sociales como la economía, ciencia política, sociología, estudios de gobernanza y geografía y busca entender los procesos de transición en sectores específicos o áreas geográficas que enfrentan problemas ambientales persistentes, desde el análisis profundo del rol de la agencia, el cambio institucional y del gobierno en tales transiciones (LOORBACH, FRANTZESKAKI, AVELINO, 2017).

¹⁹ El Enfoque Socio-Ecológico se basa en la ecología, biología y la resiliencia y busca entender las transiciones en los ecosistemas, los límites planetarios y su relación con el contexto social y con los impactos asociados a las actividades antropogénicas (LOORBACH, FRANTZESKAKI, AVELINO, 2017).

Kemp; Loorbach; Rotmans (2007) definen la Gestión de la Transición como:

Un modelo de gobernanza multinivel que da forma a procesos de co-evolución utilizando visiones, experimentos de transición y ciclos de aprendizaje y adaptación. La gestión de la transición ayuda a las sociedades a transformarse de manera gradual y reflexiva a través de procesos guiados de variación y selección, cuyos resultados son los escalones para un mayor cambio. (p.78)

Las principales características de este enfoque son definidas por Rotmans; Kemp; Van Asselt, (2001):

- Pensamiento a largo plazo (al menos 25 años) como marco para dar forma a la política a corto plazo. Esta visión de largo plazo debe involucrar la participación tanto de conocimiento experto, como de actores sociales.
- Piensa en términos de más de un dominio (multi-dominio), diferentes actores (multi-actores) y diferentes niveles (multi-nivel). En este sentido la definición de los objetivos de la Transición, debe ser multidimensional y contemplar aspectos tanto cualitativos como semi-cuantitativos.
- La Gestión de la Transición está asociada al riesgo y a la incerteza.
- Está enfocado en el aprendizaje (*learning-by-doing* y *doing-by-learning*). Los resultados de estos procesos de aprendizaje se deben monitorear y evaluar regularmente, así como la participación y compromiso de los actores involucrados.
- La participación de los actores en la toma de decisiones permite apoyar el diseño de políticas de abajo hacia arriba (*bottom-up*), las cuales combinadas con políticas de arriba hacia abajo (*top-down*) permiten el aprendizaje colectivo y el apoyo a nichos de innovación.
- La gestión de la transición pretende alcanzar tanto una innovación en el sistema, como una transformación gradual del sistema, a través de las oportunidades existentes, con un enfoque hacia la sustentabilidad.
- El papel del gobierno consiste en definir ciertos objetivos de sustentabilidad, estimular y organizar el proceso de transición y asegurar la participación de diferentes actores sociales.

En el enfoque de la Gestión de la Transición, **la gobernanza** juega un papel fundamental para las transiciones hacia sistemas más sustentables. Smith; Stirling; Berkhout, (2005) definen la gobernanza como un fenómeno social que implica la participación de

actores del gobierno y por fuera del gobierno, como grupos sociales, en la formulación de políticas públicas que tengan como objetivo la transformación del régimen socio-técnico, así, la pregunta que surge es: ¿Cómo los actores pueden influir en el ritmo y dirección de los procesos de Transición?

La gobernanza se lleva a cabo a través de negociaciones y de acciones coordinadas entre los actores públicos y privados, ya sea para la solución de problemas o la creación de nuevas oportunidades, donde es fundamental la experimentación y el aprendizaje. En este sentido se debe identificar claramente: ¿Quién gobierna?, es decir cuáles son los actores relacionados con el proceso de transformación, y ¿Cómo se gobierna?, que está asociado a los posibles mecanismos de gobernanza (NILSSON; HILLMAN; MAGNUSSON, 2012).

Sistemas Tecnológicos de Innovación (*Technological Innovation Systems TIS*):

Los principales trabajos y autores que abordan este enfoque son: Bergek *et al.*, (2008); Carlsson; Stankiewicz (1991); Hekkert *et al.* (2007); Jacobsson; Johnson, (2000), entre otros.

El término Sistemas Tecnológicos fue utilizado por primera vez en un artículo seminal de Carlsson; Stankiewicz, (1991), quienes definieron un Sistema Tecnológico como:

Los Sistemas Tecnológicos son una red de agentes que interactúan en un área económica/industrial, bajo una estructura institucional particular, con el objetivo de generar, difundir y utilizar la tecnología. Los sistemas tecnológicos se definen en términos de flujos de conocimiento o competencia en lugar de flujos de bienes y servicios ordinarios. Consisten en redes dinámicas de conocimiento y competencia.

Posteriormente, fue acuñado el término de Sistemas Tecnológicos de Innovación (TIS) como un “Sistema Socio-Técnico enfocado en el desarrollo, difusión y uso particular de una tecnología (en términos de conocimiento, producto, o ambos)” (BERGEK *et al.*, (2008) p.408).

Este enfoque tiene como objetivo complementar los estudios sobre sistemas de innovación, los cuales se han centrado en el análisis de los componentes estructurales de los sistemas (actores, redes e instituciones), desde un punto de vista macro (instituciones) y micro (empresas). Para esto, proponen el análisis de “subprocesos del sistema” los cuales son denominados como “funciones”. Las funciones son procesos clave para generar, difundir y utilizar las tecnologías dentro de los Sistemas Tecnológicos de Innovación. Las funciones se

encuentran en un nivel intermedio entre los componentes de un sistema tecnológico y su desempeño.

Bergek *et al.*, (2008) definen siete funciones y proponen una serie de indicadores para evaluar los TIS: i) Desarrollo y difusión del conocimiento; ii) Influencia en la dirección de la búsqueda; iii) Experiencias empresariales; iv) Formación de mercado; v) Legitimación; vi) Movilidad de recursos; vii) Desarrollo de externalidades positivas.

El enfoque de los TIS ha sido aplicado a casos de estudio relacionados con el desarrollo inicial de fuentes renovables de energía como: biocombustibles, energía solar fotovoltaica, energía eólica, células de combustible, entre otros, las cuales se consideran promisorias para la Transición hacia la Sustentabilidad del Sistema Socio-Técnico dominante.

Gestión Estratégica de Nichos (*Strategic Niche Management SNM*): Los principales trabajos y autores que abordan este enfoque son: Hoogma *et al.* (2002); Kemp; Schot; Hoogma (1998); Raven; Geels (2010); Schot; Geels (2008); Smith (2007), entre otros.

El artículo seminal de Kemp; Schot; Hoogma (1998) define la Gestión Estratégica de Nichos como:

“La creación, desarrollo y eliminación controlada de espacios protegidos para el desarrollo y uso de tecnologías prometedoras mediante la experimentación, con el objetivo de: i) conocer la conveniencia de la nueva tecnología y ii) mejorar el desarrollo y la tasa de aplicación de la nueva tecnología” (p. 186).

Así, la Gestión Estratégica de Nichos se constituye como un esfuerzo para crear espacios protegidos que tengan posibilidades de desarrollar una nueva tecnología, a través de procesos de aprendizaje que involucren la participación e interacción de diferentes actores. En este proceso, el gobierno juega un papel importante a través del estímulo de experimentos y casos de estudio, que tienen como objetivo aprender sobre nuevas tecnologías, sus ventajas y desafíos a superar, así como la factibilidad económica de su implementación a gran escala.

Kemp; Schot; Hoogma (1998) proponen cinco etapas para la implementación de estos experimentos: i) Elección de la tecnología; ii) Selección del experimento; iii) Puesta en marcha del experimento; iv) Ampliación del experimento; v) Ruptura de la protección e implementación de políticas. La aplicación de estas etapas no es necesariamente una “camisa de fuerza”, lo importante del proceso es saber “gestionar” adecuadamente la incorporación de

una nueva tecnología identificando sus potencialidades a largo plazo, o dejándolas de lado sino corresponden al desempeño esperado.

Este enfoque protege especialmente innovaciones de nicho que tienen potencial de contribuir con soluciones sustentables a problemas sociales como contaminación, movilidad, transporte, agricultura, energía, entre otros. Sin embargo, la protección a innovaciones de nicho y la implementación de experimentos sustentables no contribuye por sí sola a la transformación de los sistemas socio-técnicos existentes. Para esto es importante tener en cuenta factores externos que pueden motivar y ejercer presión para que se den este tipo de transformaciones (SCHOT; GEELS 2008). Así, es como surgen enfoques complementarios a la Gestión Estratégica de Nichos, para entender estos procesos de transformación. Uno de estos enfoques es la Perspectiva Multi-Nivel, la cual se explica brevemente a continuación y con mayor nivel de detalle en las Secciones 1.3 y 1.4.

Perspectiva Multi-Nivel (*Multi-Level Perspective MLP*): Los principales autores y trabajos que abordan y aplican este enfoque son: Elzen; Geels; Green (2004); Geels (2002), (2004a), (2005), (2010), (2012); Geels; Schot (2007); Kemp, (1994); Kemp; Schot; Hoogma (1998); Smith; Stirling; Berkhout (2005); Schot; Hoogma; Elzen (1994); Smith; Vos; Grin (2010), entre otros.

La Perspectiva Multi-Nivel argumenta que las Transiciones Socio-Técnicas se dan a través de interacciones en tres niveles de análisis: Nivel micro: Innovaciones de nicho (*Niche Innovation*); Nivel Meso: Régimen Socio-Técnico (*Socio-Technical Regime*); Nivel Macro: Panorama Socio-Técnico (*Socio-Technical Landscape*).

Esta Perspectiva ha sido refinada y aplicada en diferentes casos de estudio, específicamente en aquellos que tienen como objetivo transformar las funciones sociales tales como: vivienda, transporte, movilidad, agricultura, energía, entre otros. No es posible considerar que la Perspectiva Multi-Nivel es una teoría totalmente consolidada, por el contrario, está en un proceso de evolución permanente, por lo cual se constituye en una oportunidad interesante para aplicarla a un caso de estudio de sistemas de transporte de baja emisión en países latinoamericanos como Brasil. En la siguiente sección se explicará en detalle los antecedentes teóricos que inspiraron este enfoque y la conceptualización de los diferentes niveles de análisis.

De esta manera, los diferentes enfoques asociados a las Transiciones hacia la Sustentabilidad: Gestión de la Transición; Sistemas Tecnológicos de Innovación; Gestión

Estratégica de Nichos; y Perspectiva Multi-Nivel, tienen elementos comunes que permiten entender los procesos de Transición Socio-Técnica de aspectos asociados a la sustentabilidad.

El primer elemento en común es que las Transiciones hacia la Sustentabilidad buscan solucionar problemáticas asociadas a la sustentabilidad y transformar las funciones sociales como: Transporte, Movilidad, Agricultura, Alimentación, Energías Renovables, entre otras, desde una **perspectiva sistémica**, lo que implica que el proceso de transformación no es solamente de carácter tecnológico, por el contrario involucra cambios, ambientales, políticos, económicos, de mercado, infraestructura, sociales, culturales y de visión de mundo.

Otro elemento en común, es la **gobernanza** en el proceso de transformación, lo que implica la participación de actores de diferentes sectores (gubernamentales y no gubernamentales), los cuales tienen diferentes intereses. El gobierno puede cumplir la función de coordinar la implementación de políticas y de creación de incentivos, pero no se constituye como el actor central. En este sentido, es necesaria la coordinación y la colaboración en red entre los diferentes actores para generar cambios radicales en los esquemas dominantes. Por esta razón, las políticas que promuevan este tipo de transformación deben ser una combinación de iniciativas de arriba hacia abajo (*top-down*) y de abajo hacia arriba (*bottom-up*).

El tercer elemento es la importancia de los procesos de **aprendizaje** por parte de todos los actores (actores de nicho y actores de régimen) para comprender mejor los sistemas socio-técnicos, que permitan conocer sobre determinadas tecnologías consideradas como nichos de innovación, las cuales pueden promover las transiciones hacia nuevos regímenes. En este sentido la Gestión Estratégica de Nichos es el enfoque que más importancia le da a los procesos de aprendizaje en los nichos, considerados como espacios protegidos. El análisis de los procesos de aprendizaje en el Régimen no ha sido estudiado en profundidad²⁰.

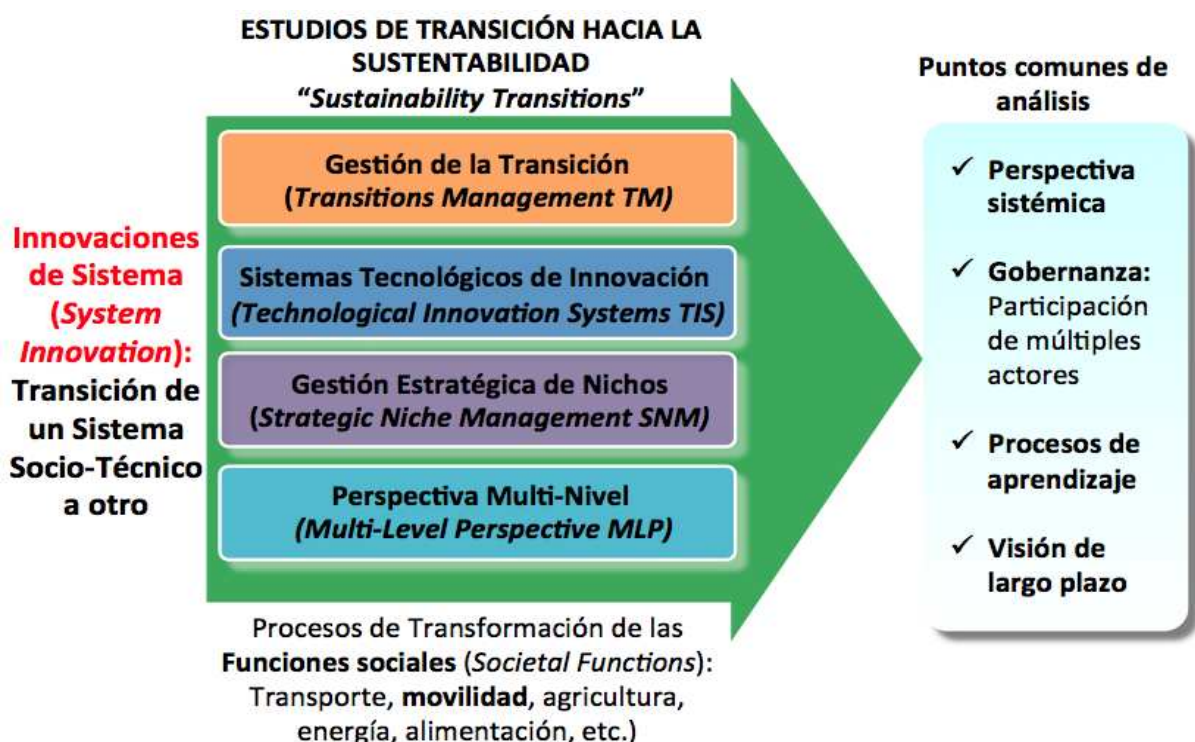
Finalmente, los enfoques de las Transiciones hacia la Sustentabilidad llevan implícito una **visión de largo plazo**, ya que estos procesos de transformación toman un periodo de tiempo relativamente largo para consolidarse. Por esta razón, muchos de los casos de estudio relatan el proceso histórico de una “transición completa”, como el caso del paso de los carruajes tirados por caballos a los automóviles (1860-1930) (GEELS, 2005), de los barcos de vela a barcos a vapor (1780-1900) (GEELS, 2002) y del proceso de transición de la

²⁰ El trabajo de Costa; Bui; Zwart (2017) plantea que el análisis de los procesos de aprendizaje organizacional ha sido dejado un poco de lado en los estudios de Transiciones hacia la Sustentabilidad, lo cual abre una oportunidad de estudio sobre los procesos de aprendizaje interactivo entre los actores del nicho y los actores del régimen dominante.

aviación (1930-1979) (GEELS, 2006). Esto no quiere decir que no sea posible aplicar estos enfoques para analizar procesos de transición en desarrollo, como es el caso de las transiciones socio-técnicas de los buses de baja emisión en Brasil.

La siguiente figura se hace un resumen de la relación entre los diferentes conceptos asociados a las Transiciones hacia la sustentabilidad y los puntos en común de los diferentes enfoques.

Figura 1.2. Estudios de Transición hacia la Sustentabilidad (*Sustainability Transitions*)



Fuente: Elaboración propia.

1.3 Antecedentes teóricos y conceptuales de la Perspectiva Multi-Nivel

La Perspectiva Multi-Nivel surge como un marco analítico-conceptual de carácter multidisciplinar, que tiene como objetivo entender la complejidad de las transiciones socio-técnicas, con enfoque hacia la sustentabilidad. Este enfoque integra diferentes teorías y literaturas, particularmente de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESCT) y de Teorías Económicas de la Innovación y del Cambio Técnico.

Los autores pioneros de este enfoque Geels, (2002); Kemp (1994); Schot; Hoogma; Elzen (1994), Kemp; Schot; Hoogma (1998) se cuestionaban sobre la manera en que ocurrían las “Innovaciones de Sistema” o “Transiciones Socio-Técnicas” y cómo se podía

salir de la inercia asociada a los Sistemas Socio-Técnicos dominantes. Las principales preocupaciones de estos autores estaban relacionadas con problemáticas ambientales y cómo la tecnología podría contribuir a solucionar estas cuestiones.

Muchas de las teorías que intentaban entender las Transiciones Socio-Técnicas o Innovaciones de Sistema, analizaban aspectos puntuales de los procesos de transformación, ya sea desde el punto de vista tecnológico, económico o social. Geels (2004b; 2005) hace una revisión de los enfoques teóricos y conceptuales que aportaron algunos elementos e *insights* para la formulación de la Perspectiva Multi-Nivel.

Estos enfoques se pueden clasificar en dos grandes categorías: Enfoques de Sistemas y Enfoques de Cambio Técnico. Dentro el Enfoque de Sistemas se encuentra la Teoría de los Grandes Sistemas Tecnológicos (*Large Technical Systems LTS*) y las Teorías de Sistemas de Innovación (*Systems of Innovations Approach*). Por su parte, el Enfoque de Cambio Técnico se puede analizar desde dos perspectivas: Sociológica y Económica. La Perspectiva Sociológica incluye Teorías asociadas con los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESCT) como el Enfoque de Construcción Social de la Tecnología (*Social Construction of Technology SCOT*) y la Teoría del Actor-Red (*Actor-Network Theory ANT*).

En la Perspectiva Económica del Cambio Técnico, se encuentran: Enfoque del Ciclo de Vida de la Tecnología (*Technology Life Cycle Approach*); Teoría económica de Dependencia de la Trayectoria (*Economic Path-Dependency Theories*); Enfoques de sustitución tecnológica y económica; Enfoque de equilibrio interrumpido y ciclos tecnológicos; Teoría de Ondas Largas (*Long-Wave Theory*); Teoría Evolucionista o Neo-Schumpeteriana (*Evolutionary Theory*).

Todas estas teorías comparten la idea de la co-evolución²¹, que como fue explicado en párrafos anteriores, implica que las innovaciones de sistema, además de innovaciones tecnológicas, incorporan prácticas de los usuarios, aspectos políticos, sociales, económicos y culturales y estas evolucionan de manera conjunta. Las principales características de estos enfoques y los aportes a la Perspectiva Multi-Nivel se explican a continuación.

²¹ El trabajo de (GEELS, 2005a), explora en detalle el concepto de Co-Evolución, el cual es compartido por diferentes disciplinas y enfoques analíticos, que exploran la co-evolución entre: tecnología y usuarios; tecnología, industria, estructura e instituciones de política; ciencia, tecnología y mercado; ciencia y tecnología; tecnología y cultura; artefactos, creencias y rutinas; tecnología y sociedad, entre otros.

1.3.1 Enfoque de Sistemas

El enfoque de Sistemas analiza los diferentes elementos de un sistema y cómo se interrelacionan entre sí. Hacen parte de este enfoque la Teoría de los Grandes Sistemas Tecnológicos (*Large Technical Systems LTS*) y las Teorías de Sistemas de Innovación (*Systems of Innovations Approach*).

La Teoría de los **Grandes Sistemas Tecnológicos (LTS)** que hace parte de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESCT) y cuyo principal autor es Hughes (1987), define los Sistemas Tecnológicos como: “aquellos que contienen componentes destinados a resolver problemas complejos. Son construidos socialmente y configuran la sociedad. Estos sistemas incluyen artefactos, organizaciones, leyes, recursos naturales, entre otros”.

Hughes (1987) acuñó el término “*seamless web*” para indicar cómo artefactos físicos, organizaciones (empresas, bancos, Centros de I&D), recursos naturales, elementos científicos (libros, artículos científicos) y artefactos legislativos (leyes, regulaciones, normas) se combinan entre sí, para cumplir determinadas funciones (HUGHES, 1987). Geels utiliza permanentemente el concepto de “*seamless web*” para explicar las complejas relaciones entre sociedad, la ciencia, la política y la economía, para alcanzar determinados objetivos.

Hughes (1987), también definió 6 fases de desarrollo de los sistemas tecnológicos: i) Invención; ii) Desarrollo; iii) Innovación; iv) Transferencia Tecnológica; v) crecimiento, competencia y consolidación; vi) ***momentum***.

El *momentum* es una etapa posterior a la consolidación de la tecnología donde hay una amplia inserción de los sistemas tecnológicos en la sociedad. En el *momentum*, tanto los componentes técnicos, sociales y organizativos de los sistemas tecnológicos se vuelven indispensables en la economía y en la sociedad en general. Las personas adaptan sus estilos de vida a los artefactos, se crean nuevas infraestructuras y surgen cadenas de suministro, haciendo que parte del sistema económico dependa del artefacto. Debido a todos estos vínculos, es casi impensable que la tecnología cambie de manera sustancial. Este proceso es acompañado por los intereses que los diferentes actores (gobierno, academia, industria, sistema financiero, sociedad) tienen en que determinado sistema tecnológico sea duradero. Un ejemplo claro de un sistema tecnológico que adquirió un *momentum* superior, es el sistema de producción de automóviles creado por Henry Ford a principios del Siglo XX, el cual es conocido como “fordismo” (HUGHES, 1987).

Por su parte, el **Enfoque de Sistemas de Innovación** (*Systems of Innovations Approach*) considera que la innovación es un proceso interactivo que involucra la participación de diferentes actores. Así, las empresas no innovan de manera aislada, por el contrario necesitan interactuar con otras instituciones que están por fuera de la firma, como otras empresas, universidades, centros de investigación, laboratorios de I&D, instituciones financieras, instituciones gubernamentales y no gubernamentales, entre otras.

En este proceso, el aprendizaje interactivo es el elemento clave para la innovación. Además, el proceso de innovación se entiende desde una perspectiva histórica, ya que es necesario un cierto periodo de tiempo para que la invención técnica se convierta en innovación (EDQUIST, 1997; LUNDVALL, 1992; MALERBA, 2002; NELSON, 1993a).

El enfoque de los Sistemas de Innovación puede ser definido en varios niveles: Sistemas Nacionales de Innovación (SNI), Sistemas Regionales de Innovación (SRI) y Sistemas Sectoriales de Innovación (SSI), los cuales proporcionan elementos clave para la formulación del marco teórico-conceptual de las Transiciones Multi-Nivel y en general de los enfoques asociados a las Transiciones hacia la sustentabilidad.

El término Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) fue utilizado por primera vez por Freeman (1987) en el libro: *“Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan”*, como una respuesta a las limitaciones que tiene la Teoría Neoclásica para entender la variable tecnológica, los procesos de innovación y las relaciones entre los agentes económicos. Un SNI es el complejo y cambiante mundo de interacciones y cooperación entre los diversos agentes que contribuyen con la innovación a medida que un “sistema tecnológico” evoluciona (investigadores, ingenieros, proveedores, productores e instituciones (FREEMAN, 1987; LUNDVALL, 1988).

Simultáneamente, autores como Edquist (1997); Lundvall (1992); Nelson (1993), realizaron aportes teóricos a los SNI y desarrollaron aplicaciones no solo en el ámbito nacional, sino también regional y sectorial.

Nelson (1993) plantea que los SNI no se pueden dividir exclusivamente por las fronteras geográficas de una nación. De hecho, el mundo está cada vez más globalizado e internacionalizado lo que impide determinar claramente los límites de los sistemas de producción y la relación entre los actores involucrados en los procesos de innovación.

Sin embargo, Lundvall, (1988) plantea que esta internacionalización no elimina del todo los patrones de especialización de la producción nacional. Además, la relación entre usuarios y productores nacionales puede ser más estrecha debido a que las distancias geográficas son menores y a que comparten una historia, un idioma y una cultura en común, lo que da lugar a una cierta estructura institucional. En este sentido, los gobiernos nacionales juegan un papel importante en el estímulo a las relaciones entre empresas, universidades y usuarios nacionales y en la forma en que la ciencia, la tecnología y los sistemas de I&D están organizados (COOKE; GOMEZ URANGA; ETXEBARRIA, 1997).

Nelson (1993) también resalta la importancia que tienen las políticas gubernamentales en estimular las relaciones universidad-gobierno y universidad-empresa, especialmente en el apoyo a laboratorios de I&D y a investigaciones asociadas a sectores estratégicos, como es el caso de la investigación militar, la cual ha generado diferentes *spillovers* en aplicaciones de la vida cotidiana como la aviación, semiconductores y computadores.

En relación al concepto de Sistemas Regionales de Innovación (SRI) los trabajos de Braczyk; Cooke; Heidenreich, (1998); Cooke; Gomez Uranga; Etxebarría, (1997) definen a los SRI como un sistema de orden colectivo. Este orden proviene del entendimiento mutuo, la confianza, la reciprocidad y la interacción cooperativa entre los miembros de la comunidad económica y los flujos de información relativamente estables de los miembros de la comunidad regional de innovación.

Los SRI pueden evaluarse desde dos perspectivas: i) Desde un enfoque de regionalización que analiza la capacidad que tiene una región para desarrollar políticas y gestionar los diferentes elementos que conforman el sistema regional, que incluye la inversión en infraestructuras estratégicas para promover la innovación: ii) Desde un enfoque de regionalismo relacionado con la base cultural de la región (COOKE; GOMEZ URANGA; ETXEBARRIA, 1997).

Así, este enfoque enfatiza la importancia de la localización y del impacto socioeconómico de la industria de alta tecnología en las regiones y cómo los actores públicos y privados de diferentes estamentos establecen sinergias y relaciones de confianza y cooperación entre ellos y con las políticas de innovación.

Posteriormente, Malerba, (2002) define Sistema Sectorial de Innovación (SSI) como:

“Un conjunto de productos nuevos y establecidos para usos específicos y el conjunto de agentes que llevan a cabo interacciones de mercado y fuera del mercado para la creación, producción y venta de esos productos. Los sistemas sectoriales tienen una base de conocimiento, tecnologías, insumos y una demanda potencial y emergente. Los agentes son individuos y organizaciones en varios niveles de agregación, con procesos específicos de aprendizaje, competencias, estructura organizacional, creencias, objetivos y comportamientos. Interactúan a través de procesos de comunicación, intercambio, cooperación, competencia y comando, y sus interacciones son moldeadas por las instituciones (reglas y regulaciones). Un sistema sectorial se somete a procesos de cambio y transformación a través de la co-evolución de sus diversos elementos” (p. 248).

Este enfoque tiene como objetivo proporcionar una visión multidimensional, integrada y dinámica de los sectores y resalta la interacción entre los actores del SSI y de la co-evolución entre los diferentes elementos del sistema. En los SSI el cambio es una característica distintiva, el cual no significa simplemente un crecimiento cuantitativo de las variables del sistema, sino una transformación y evolución de sus principales elementos, los cuales están estrechamente relacionados.

En este sentido, “se deduce que su cambio (de los SSI) en el tiempo da como resultado un **proceso co-evolutivo** de sus diversos elementos. Este proceso involucra tecnología, demanda, base de conocimiento, procesos de aprendizaje, empresas, organizaciones no empresariales e instituciones” (MALERBA, 2002, p. 259).

Así, los diferentes enfoques asociados a los Sistemas de Innovación: Nacional, Regional y Sectorial, resaltan la importancia de la interacción entre los diferentes actores (públicos y privados) como: empresas, organizaciones no empresariales, universidades, laboratorios de I&D, instituciones financieras, agencias gubernamentales, autoridades locales, proveedores, usuarios, entre otros. Estos actores son heterogéneos, con diferentes creencias, competencias y comportamientos y se conectan de diversas maneras a través de relaciones de mercado y no mercado (MALERBA, 2002).

Este enfoque también considera que el conocimiento y el aprendizaje (*learning by doing; learning by using; learning by interacting*) son cruciales para la innovación, la producción y para generar capacidades de formación en habilidades específicas. El conocimiento puede ser a nivel interno y externo a los agentes del SSI y puede ser acumulado (con base en el conocimiento actual) a través de procesos de aprendizaje, capacidades organizacionales y por la retroalimentación del mercado. La difusión o derrame del

conocimiento (*knowledge spillovers*) también es importante a nivel local, dentro de una industria, dentro de un sector y hacia nuevos sectores con aplicaciones diferentes, como es el caso de la industria militar (MALERBA, 2002).

Los flujos de conocimiento entre los actores y entre las firmas proporcionan competencias que pueden direccionar las actividades innovadoras a nivel nacional, regional o sectorial, lo que en el caso de la Perspectiva Multi-Nivel está relacionado con el impulso a diferentes innovaciones de nicho. Sin embargo, este enfoque no se preocupa por el cambio de un sistema a otro, y así es planteado por Malerba (2002) cuando señala que es necesario investigar ¿cómo surgen los nuevos sistemas sectoriales? y ¿cuál es el vínculo con los sistemas sectoriales anteriores?.

Además, el enfoque de Sistemas de Innovación hace especial énfasis en el desarrollo del conocimiento y presta menos atención a la difusión y uso de la tecnología, los impactos y las transformaciones sociales. El lado del usuario se da por sentado o reducido a un “entorno de selección” (GEELS, 2004a).

En este sentido, la Perspectiva Multi-Nivel y en general los Estudios de Transición, amplían el concepto de los Sistemas de Innovación para Sistemas Socio-Técnicos e intentan responder estas cuestiones al dar más atención al papel de los usuarios y analizar la dinámica de transición de un sistema socio-técnico, a otro sistema socio-técnico más sustentable.

1.3.2 Enfoque de Cambio Técnico

La **Perspectiva Sociológica** del enfoque de cambio técnico incluye Teorías asociadas con los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESCT), como el Enfoque de Construcción Social de la Tecnología (*Social Construction of Technology SCOT*) y la Teoría del Actor-Red (*Actor-Network Theory ANT*), las cuales se explican a continuación.

El enfoque de **Construcción Social de la Tecnología (SCOT)**, hace una contraposición al modelo lineal de innovación y a los modelos deterministas. Para Bijker; Hughes; Pinch, (1987) los artefactos tecnológicos son culturalmente construidos e interpretados. La participación de los grupos sociales es clave para dar forma y valor a una tecnología.

Por su parte, la **Teoría del Actor-Red** (*Actor-Network Theory*) afirma que el proceso de construcción de la tecnología es netamente social. Las nuevas tecnologías emergen como asociaciones heterogéneas entre actores humanos y no humanos, lo que se denomina actor-red. Estas asociaciones y su estabilidad es lo que determina la innovación tecnológica, que es también un proceso de reconstrucción social. Los principales representantes de esta teoría son Michel Callon, Bruno Latour y John Law.

Estos enfoques enfatizan que la **tecnología** (artefactos tecnológicos) es **socialmente construida** y que por lo tanto, existe un entramado complejo, que fue denominado por Hughes (1987) como “*seamless web*”, que entrelaza la tecnología con la sociedad, ciencia, política, cultura, economía y medio ambiente. Todos estos aspectos deben moldearse y alinearse para que funcione la configuración socio-técnica en su conjunto. En este sentido, la participación de los actores y sus percepciones, son fundamentales para que el proceso de construcción social de la tecnología funcione adecuadamente. Esta “visión socio-técnica” de la tecnología constituye uno de los principales pilares de la Perspectiva Multi-Nivel.

De hecho, uno de los pioneros de la Teoría del Actor-Red, Michel Callon (1987), ejemplificó muy bien el caso de estudio de los Vehículos Eléctricos en Francia en los años 70, el cual muestra la complejidad asociada a la incorporación de una nueva tecnología.

En la época de la crisis energética de los años 70, los ingenieros de la empresa *Electricité da France* (EDF) querían desarrollar un vehículo eléctrico que substituyera a los carros con MCI. Para esto tenían que alcanzar objetivos técnicos y no técnicos que incluían el desarrollo de baterías de zinc, plomo y células de combustible. Además, tenían que convencer a los Ministerios de promover políticas de subsidios para estos vehículos, convencer a los consumidores de adquirir esta nueva tecnología, y lo más difícil, convencer a la empresa *Renault* de invertir en una tecnología desconocida que podía poner en riesgo sus intereses comerciales y económicos. Desafortunadamente, el proceso de incorporación de VE no dio resultado por problemas técnicos y económicos asociados a las baterías, las empresas automovilísticas no querían renunciar a su poder de mercado y los consumidores se resistían a modificar sus preferencias. Paradójicamente, los problemas asociados a la incorporación de los VE en los años 70, son similares a los que se enfrentan actualmente.

Así, para Callon (1987), la introducción de una tecnología, que puede ser considerada como radical, tiene efectos que van más allá de los desarrollos tecnológicos, puesto que también involucra aspectos sociales, económicos, políticos e institucionales. Los

artefactos/tecnologías, no son unidades creadas de una vez y para siempre, estas son asociaciones de elementos dinámicos que incluyen entidades humanas y no humanas. En el caso de Francia se creó el Artefacto (Vehículo Eléctrico), pero no se logró concretar la asociación entre elementos humanos y no humanos.

Una crítica que se le hace a los enfoques de la Perspectiva Sociológica del cambio tecnológico, es que están concentradas en analizar el surgimiento y las primeras etapas de una nueva tecnología, pero no se preocupan por entender el proceso de sustitución o reemplazo de las tecnologías antiguas (GEELS, 2004b).

Por su parte, la **Perspectiva Económica** del Cambio Técnico incorpora elementos de los siguientes enfoques: i) Ciclo de Vida de la Tecnología (*Technology Life Cycle Approach*); ii) Teoría económica de Dependencia de la Trayectoria (*Economic Path-Dependency Theories*); iii) Enfoques de sustitución tecnológica y económica; iv) Enfoque de equilibrio interrumpido y ciclos tecnológicos; v) Teoría de Ondas Largas (*Long-Wage Theory*); vi) Teoría Evolucionista o Neo-Schumpeteriana (*Evolutionary Theory*).

El **Enfoque del ciclo de vida de la Tecnología (*Technology Life Cycle Approach*)**, analiza la cuota de mercado de una tecnología, las estrategias de la empresa y la estructura de mercado. El trabajo de Utterback; Abernathy, (1975), fue pionero en analizar el Ciclo de Vida del Producto, el cual está asociado a la identificación de tres etapas.

En la primera etapa, que se caracteriza por la descoordinación, “la expansión y la redefinición del mercado resultan en frecuentes mejoras competitivas. Las tasas de cambios en los productos y procesos son altas y existe una gran diversidad de productos entre los competidores” (UTTERBACK; ABERNATHY, 1975). Sin embargo, el proceso de producción no está estandarizado y es llevado a cabo por operaciones manuales y de bajo contenido tecnológico.

En la segunda etapa que se caracteriza por ser segmentaria, los procesos de producción son más eficientes y automatizados con tecnologías diseñadas específicamente para cada proceso, los cuales se complementan con procesos manuales y con tecnologías de propósito general. “Como resultado, los procesos de producción en este estado tendrán una calidad segmentada. Sin embargo, dicho desarrollo extensivo no puede ocurrir hasta que un grupo de productos esté lo suficientemente maduro como para tener un volumen de ventas considerable y al menos unos pocos diseños de productos estables” (UTTERBACK; ABERNATHY, 1975). Esto conlleva a la consolidación de un diseño dominante.

En la tercera etapa el proceso es sistémico y el proceso productivo está más desarrollado e integrado, lo que hace más difícil y costosa la incorporación de cambios significativos en el diseño del producto. Las innovaciones son más incrementales que radicales. Sin embargo, “el rediseño puede ser estimulado por el desarrollo de una nueva tecnología o por un cambio repentino o acumulativo en los requisitos del mercado” (UTTERBACK; ABERNATHY, 1975). En esta etapa hay una mayor concentración de la industria, lo que conduce a una estructura industrial oligopólica. La competencia se basa en la minimización de costos a través de las economías de escala en la producción.

Este enfoque también está asociado a la “Curva S de la Tecnología” (FOSTER, 1986), la cual distingue cuatro fases del proceso de incorporación de una tecnología: i) Emergencia: Introducción de la tecnología en el mercado (desarrollo incipiente); ii) Crecimiento: los consumidores aceptan el producto y las ventas se incrementan; iii) Madurez: Se estabiliza el volumen de ventas; iv) Saturación: Las ventas comienzan a decrecer (rendimientos decrecientes).

Estos dos enfoques explican como es el proceso de desarrollo de un producto o de una tecnología, pero no especifican como se da la transición de una tecnología dominante a otra emergente.

Por su parte, la **Teoría económica de Dependencia de la Trayectoria** (*Economic Path-Dependency Theories*), está asociada a los Retornos Positivos que conlleva la adopción de determinada tecnología. De acuerdo con Arthur (1989): “cuanto más se adopte una tecnología, más experiencia se adquiere con ella y más se mejora. Eventos insignificantes pueden dar una ventaja inicial para la adopción de determinada tecnología. Esta tecnología puede mejorar más que las otras y así atraer a un mayor número de usuarios. Cuanto más se utilice una tecnología, más tecnologías complementarias se desarrollan”.

Todo esto crea una dependencia de la trayectoria, porque el potencial de mercado a menudo obedece a lo que ha sido aceptado antes y porque la incorporación del cambio técnico requiere conjugar una base de conocimientos explícitos y tácitos con diversas fuentes de experiencia práctica (PÉREZ, 2010).

Sin embargo, esta teoría no se preocupa por la existencia de tecnologías previas y contextos existentes, su enfoque está en la aparición de nuevas tecnologías y no analiza en detalle los cambios que se originan de una tecnología a otra.

La Perspectiva Económica del cambio técnico, también involucra elementos neoclásicos, como los **Enfoques de sustitución tecnológica y económica**, en los cuales una nueva tecnología sustituye a la tecnología antigua, si su rendimiento es mejor y responde a las preferencias del usuario. Debido a su carácter neoclásico, se consideran que los usuarios son sujetos racionales que maximizan sus beneficios y cuyas preferencias fijas y estáticas.

También tiene en cuenta el concepto de “**curvas de aprendizaje**”, que hace referencia al aumento de la productividad que se produce a través de la experiencia acumulada. El aprendizaje depende de la acumulación real de la experiencia (ARROW, 1962). Si una tecnología tiene una curva de aprendizaje mayor, entonces reemplazará a otra con una curva de aprendizaje menor.

Este enfoque neoclásico no analiza las implicaciones sociales, políticas y culturales que implica cambiar de una tecnología a otra y solo se concentra en analizar aspectos económicos y de mercado. Además, asume que una nueva tecnología reemplaza a otra de manera repentina y únicamente debido a sus rendimientos, pero ignoran que entre estas tecnologías pueden tener algún tipo de relación simbiótica, particularmente en la fase inicial (GEELS, 2005).

En relación al **Enfoque de equilibrio interrumpido y ciclos tecnológicos**, Tushman; Anderson (1986) plantean que la tecnología evoluciona a través de periodos de cambio incremental, los cuales están marcados por breves periodos de cambio rápido. Una era de fermentación es desencadenada por la aparición de un avance tecnológico, que es “relativamente raro y tiende a ser impulsado por el genio individual”. Cuando se abre una nueva clase de producto, la tasa de variación del producto es sustancial en la medida que las formas alternativas compiten por el dominio. El periodo de fermentación se cierra por la aparición de un diseño dominante. Sigue un período de cambio técnico incremental hasta que se rompa con la siguiente discontinuidad tecnológica.

Por su parte, la **Teoría de Ondas Largas (*Long-Wage Theory*)** tiene como objetivo comprender los cambios tecnológicos a largo plazo a nivel de toda la economía, a través de lo que Freeman; Pérez (1998) definen como “**Paradigmas Tecno-Económicos**”. Esto es: “Una combinación de productos interrelacionados, innovaciones técnicas, organizativas y de gestión, que representan un salto cuantitativo en la productividad potencial para la totalidad o la mayor parte de la economía, y la apertura de una amplia gama de oportunidades de inversión y beneficios”. En los Paradigmas Tecno-Económicos, hay una co-

evolución entre la tecnología, los procesos de producción y la economía, los cuales se refuerzan entre sí.

Freeman; Perez, (1998) partiendo del análisis de los Ciclos Económicos Largos de Kondratieff, (1935)²², identificaron cinco (5) períodos históricos que consideran como Revoluciones Tecnológicas, los cuales dieron lugar a Paradigmas Tecno-Económicos. Las principales características de los Paradigmas Tecno-Económicos asociadas a las Revoluciones Tecnológicas se resumen en el Cuadro 1.1.

Cuadro 1.1 Revoluciones Tecnológicas y sus Paradigmas Tecno-Económicos

Revolución Tecnológica	Paradigmas Tecno-Económicos
Revolución Industrial (1770/1789-1830/1840)	Producción en fábricas; Mecanización; Productividad/Medición y ahorro de tiempo; Redes locales.
Era de las Máquinas de vapor y los Ferrocarriles (1830/1840-1880/1890)	Economías de aglomeración/Ciudades industriales/Mercados nacionales; Centros de Poder con redes nacionales; Partes estandarizadas/Máquinas para fabricar máquinas; Energía donde se necesite (vapor); Movimiento interdependiente (de máquinas y medios de transporte).
Era del Acero, la Electricidad y la Ingeniería Pesada (1880/1890-1930/1940)	Estructuras gigantescas (acero); Economías de escala en planta/Integración vertical; Distribución de energía para la industria (electricidad); La ciencia como fuerza productiva; Redes e imperios mundiales (incluyendo cárteles; Estandarización universal; Grandes escalas para dominar el mercado mundial.
Era del Petróleo, el Automóvil y la Producción en masa (1930/1940-1980/1990)	Producción en masa/mercados masivos; Economías de escala (volumen de producción y mercado)/Integración horizontal; Estandarización de productos; Uso intensivo de la energía (con base en el petróleo); materiales sintéticos; Especialización funcional/Pirámides jerárquicas; Centralización/Centros metropolitanos/Sub-Urbanización; Poderes nacionales, acuerdos y confrontaciones mundiales.
Era de la Informática y las Telecomunicaciones (1980/1990-?)	Uso intensivo de la información (con base en la microelectrónica TIC); Integración descentralizada/Estructuras en red; El conocimiento como capital/Valor añadido intangible; Heterogeneidad, diversidad, adaptabilidad; Segmentación de mercado/Proliferación de nichos; Economías de cobertura y de especialización combinadas con escala; Globalización/Interacción entre lo global y lo local; Cooperación hacia adentro y hacia afuera/ <i>Clusters</i> ; Contacto y acción instantáneas/Comunicación global instantánea.

Fuente: Perez, (2010).

²² Kondratieff plantea la existencia de tres “Ciclos o Ondas Largas” en la economía capitalista que tienen una duración aproximada entre 47 y 60 años, cada uno de los cuales tiene una fase de auge y depresión. Kondratieff, (1935) identifica que durante la recesión de las ondas largas, se realizan grandes descubrimientos e invenciones importantes en las técnicas de producción, las cuales generalmente se aplican en gran escala, solo al comienzo del siguiente ciclo largo. De esta manera, estos descubrimientos e invenciones provocan la crisis del viejo modo de desarrollo y establecen las pautas para el próximo modo de desarrollo, durante el cual una serie de invenciones interrelacionadas, mostrarán todo su potencial y generarán un fuerte impacto en la economía y en la sociedad (PEREZ, 1983).

Estos Paradigmas Tecno-Económicos se van articulando mediante el uso de las nuevas tecnologías a medida que estas se van difundiendo, lo que multiplica su impacto en la economía, una elevación generalizada de la productividad de todas las industrias pre-existentes, y eventualmente, modifica la manera como se organizan las estructuras socio-institucionales (PEREZ, 2010). Algunos de los cambios asociados a un nuevo Paradigma Tecno-Económico son :

- i) mejores prácticas en la organización de la empresa;
- ii) un nuevo perfil de competencias de la fuerza laboral que afecta la cantidad y la calidad del trabajo;
- iii) una nueva gama de productos;
- iv) nuevas tendencias en la innovación incremental y radical;
- v) un nuevo patrón en la localización de la inversión y cambio en la estructura de costos, que se transforma en ventajas comparativas;
- vi) nueva inversión en infraestructura que genera externalidades que permiten y facilitan el uso de nuevos productos y procesos;
- vii) creación de nuevas empresas innovadoras que pueden ingresar a nuevos sectores de la producción;
- viii) tendencia a que las grandes empresas se concentren en aquellos ramos de la economía donde se produce el factor clave;
- ix) nuevos patrones de consumo de bienes y servicios (FREEMAN; PEREZ, 1998).

Para que un Paradigma Tecno-Económico se establezca como dominante y sustituya al anterior Paradigma, el “factor clave de producción” debe cumplir tres condiciones: caída de los costos, aumento rápido de la oferta y aplicación generalizada en toda la economía. La adopción de un Paradigma Tecno-Económico permite alcanzar el máximo de eficiencia y rentabilidad, y su difusión facilita la comprensión mutua entre los diferentes agentes que participan en la economía, desde los productores hasta los consumidores (PEREZ, 2010).

Sin duda, el análisis de las Ondas Largas y Paradigmas Tecno-Económicos de Freeman; Pérez (1998), se constituye como uno de los principales insumos teóricos para la definición de la Perspectiva Multi-Nivel. Freeman; Pérez (1998), contemplan que en los Paradigmas Tecno-Económicos primero se generan cambios en la economía y en la tecnología, que posteriormente pueden tener efectos en la sociedad y en las instituciones, lo que puede ser considerado como Determinismo Tecnológico. Esta visión, deja de lado la posibilidad de que cambios sociales e institucionales más amplios pueden preceder el surgimiento de nuevas innovaciones (GEELS, 2005).

Además, este enfoque es considerado macroeconómico porque solo se concentra en analizar las grandes Revoluciones Tecnológicas y sus implicaciones en los Paradigmas Tecno-Económico, y deja de lado aspectos microeconómicos relacionados con el papel de los actores que están involucrados en el desarrollo de nuevas tecnologías.

En este sentido, la principal diferencia entre los Paradigmas Tecno-Económicos y la Perspectiva Multi-Nivel, es que esta última hace un mayor énfasis en las transiciones hacia la sustentabilidad y los cambios sociales y culturales que estas involucran. Además, debido a su carácter multinivel, analiza conjuntamente aspectos macro, meso y microeconómicos, dando un especial énfasis a la participación de los actores en la difusión de innovaciones de nicho que pueden generar transiciones de un régimen socio-técnico a otro.

Finalmente, la **Teoría Evolucionista (Evolutionary Theory) o Neo-Schumpeteriana**, se constituye como uno de los principales fundamentos teóricos de la Perspectiva Multi-Nivel. Sus principales autores son *Christopher Freeman, Giovanni Dosi, Nathan Rosenberg, Richard Nelson, Sidney Winter*, entre otros, quienes utilizan analogías de la biología para explicar los fenómenos económicos y para analizar los procesos de cambio técnico.

Esta teoría retoma el pensamiento de *Schumpeter* de la importancia de la innovación para transformar las estructuras económicas prevalecientes. En este sentido, está “enfocada en diferentes aspectos del cambio económico, como las respuestas de las firmas y de los ramos de actividad a las condiciones alteradas del mercado, al crecimiento económico y a la competencia a través de la innovación” (NELSON; WINTER, 1982).

La Teoría Evolucionista está en clara contraposición con el modelo económico ortodoxo, el cual se centra en analizar aspectos microeconómicos de carácter estático, en la teorización formal a través de modelos económicos y en asumir fuertes supuestos como: equilibrio perfecto, competencia perfecta, información perfecta y simétrica y la racionalidad ilimitada de los agentes económicos, en el sentido de que optimizan y maximizan su lucro.

En contraposición, Nelson; Winter (1982), plantean que los individuos poseen “racionalidad limitada” debido a que existe información incompleta e incerteza. Así, esta teoría, usando analogías de la biología, afirma que los individuos “evolucionan, aprenden y se adaptan” lo que significa que pueden adquirir capacidades que permiten cambiar determinadas circunstancias que son consideradas como dadas.

Para los evolucionistas, las firmas tienen un conjunto de reglas de decisión basadas en “**Rutinas**”, y en el pasado, a partir de las cuales se pueden cambiar las condiciones futuras. “Mucho de lo que es regular y previsible sobre el comportamiento empresarial está cubierto por el título “rutina”, especialmente si entendemos este término como las “Heurísticas” estratégicas, relativamente constantes que determinan su posible comportamiento y la forma en que la firma aborda los problemas que no son de rutina” (NELSON; WINTER, 1982, p.33).

Cuando diferentes empresas comparten rutinas particulares, estas constituyen un “**Régimen Tecnológico**”, los cuales crean estabilidad ya que proporcionan una dirección para el desarrollo técnico incremental. El concepto de “Régimen Tecnológico” fue acuñado por Nelson; Winter, (1977) en su artículo seminal “*In search of useful theory of innovation*”, en el cual plantean que:

“Un Régimen Tecnológico se refiere a una frontera de capacidades alcanzables, definidas en las dimensiones económicas relevantes, limitadas por restricciones físicas, biológicas, entre otras, dada una forma ampliamente definida de hacer las cosas. Nuestro concepto es más cognitivo y está relacionado con las creencias que tienen los técnicos e ingenieros sobre lo que es factible o al menos vale la pena intentar” (NELSON; WINTER, 1977 p. 57).

Nelson y Winter (1977) presentan el ejemplo de los aviones DC3 en la década de 1930, el cual definió un “Régimen Tecnológico” particular para la aviación, que se caracterizaba por aviones metálicos, de ala baja y accionados por pistón. Los ingenieros tenían la sensación de que este tipo de aviones tenían “potencial” de progreso tecnológico, y sobre esta premisa se fueron desarrollando mejoras incrementales con base en el diseño original. El concepto de Régimen Tecnológico es la base conceptual de “Régimen Socio-Técnico utilizado en la Perspectiva Multinivel, el cual se explicará en detalle en la sección 1.4.2.

Otro concepto clave de la Teoría Evolucionista y que aporta elementos analíticos a la Perspectiva multinivel es el de los **Paradigmas Tecnológicos**. Según Dosi (1984), los paradigmas tecnológicos, en analogía con la definición de Paradigma Tecnológico de Thomas Kuhn, (1962)²³, “son un modelo y un padrón de solución de problemas tecnológicos

²³ En su libro “La estructura de las Revoluciones Científicas”, Thomas Kuhn (1962), definió los paradigmas como “lo que comparten los miembros de una comunidad científica y, a la inversa, una comunidad científica consiste en unas personas que comparten un paradigma”. Los paradigmas son realizaciones científicas universalmente reconocidas (dogmáticas) que, durante cierto tiempo proporcionan modelos de problemas y

seleccionados, basados en principios seleccionados, derivados de las ciencias naturales, y en tecnologías materiales seleccionadas”. Un paradigma es, entonces una lógica colectiva compartida donde convergen el potencial tecnológico, los costos relativos, la aceptación del mercado, la coherencia funcional y otros factores (PEREZ, 2010).

Así, los paradigmas definen un marco para el desarrollo tecnológico dentro de un contexto socio-económico. Al definir este marco, incorpora un poderoso efecto de exclusión, ya que determina la dirección del cambio técnico, enfocándose en determinadas tecnologías específicas, con sus propias soluciones para los problemas, por medio de la exclusión de otras posibilidades tecnológicas. Para el caso de la industria automovilística el paradigma dominante ha sido el Motor de Combustión Interna (MCI) (DOSI, 1984).

Otro elemento teórico planteado por Dosi (1984) es el de **Trayectorias Tecnológicas**, las cuales “constituyen un agrupamiento de posibles direcciones tecnológicas, cuyos exteriores se definen por la naturaleza del propio paradigma. Las trayectorias tecnológicas corresponden en general a las respuestas a los diversos *trade-off* establecidos entre las variables tecnológicas”. En este sentido, al interior de determinado Paradigma Tecnológico establecido, pueden surgir diferentes tecnologías, complementarias entre sí, para resolver problemas al interior del paradigma, y excluir otras posibilidades tecnológicas.

Así, una trayectoria tecnológica, que no necesariamente es la mejor, puede transformarse en una tecnología dominante debido a criterios económicos, intereses de las organizaciones de I&D, historia y campo de especialización de la tecnología, variables institucionales y al papel que ejerce el gobierno a través de la promoción de determinadas políticas. En este sentido, Dosi (1984) plantea que:

“Cuando una trayectoria es muy poderosa puede haber dificultad de cambiar hacia una trayectoria alternativa [...] Además, es probable que el progreso en una trayectoria tecnológica conserve ciertos aspectos acumulativos: en este caso, la probabilidad de que futuros avances también se relacionen con la posición que una empresa o un país ocupan en relación a la frontera tecnológica existente”.

Estos conceptos se aplican al caso del Motor a Combustión Interna (MCI) que ha sido la “trayectoria tecnológica dominante” por más de un siglo y a la dificultad que enfrentan nuevas trayectorias tecnológicas, como es el caso de los Vehículos Eléctricos o Vehículos de Baja-Emisión, para transformar los Paradigmas Tecnológicos existentes. Así, cuando surgen

“nuevos problemas”, como el del impacto medio-ambiental de los vehículos con MCI, se generan nuevos abordajes tecnológicos o innovaciones incrementales, relacionadas con la misma tecnología, como por ejemplo, mejoras en el motor, combustibles alternativos, uso de filtros, vehículos híbridos, entre otros, que continúan reforzando la trayectoria tecnológica dominante.

Así, los conceptos de Régimen Tecnológico, Paradigma Tecnológico y Trayectoria Tecnológica, resaltan la importancia de las innovaciones incrementales en la ruta de crecimiento, principalmente cuando determinada trayectoria se considera dominante por factores económicos, institucionales, de I&D y políticos. Este contexto dificulta la entrada de trayectorias tecnológicas alternativas que generen innovaciones radicales que puedan contribuir a la modificación de determinado Régimen o Paradigma Tecnológico. Estos conceptos aportan elementos importantes para la construcción del concepto de Régimen Socio-Técnico de la Perspectiva Multi-Nivel.

Sin embargo, Schot; Hoogma; Elzen (1994), plantean que la Teoría Evolucionaria presenta una debilidad relacionada a la división que hace entre los procesos de variación (donde se desarrollan las tecnologías) y el proceso de selección²⁴. En contraste, los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESCT), consideran que tanto la variación como la selección están estrechamente relacionados y que no es posible desarrollar una tecnología sin tener en cuenta la participación de grupos sociales y el entorno en el que se desarrolla, por lo cual se considera que la tecnología es socialmente construida. En este sentido, la Perspectiva Multi-Nivel intenta integrar estas dos consideraciones teóricas en su análisis y resaltar el carácter heterogéneo de una tecnología o conjunto de tecnologías y de los actores asociados al desarrollo y consolidación de las mismas.

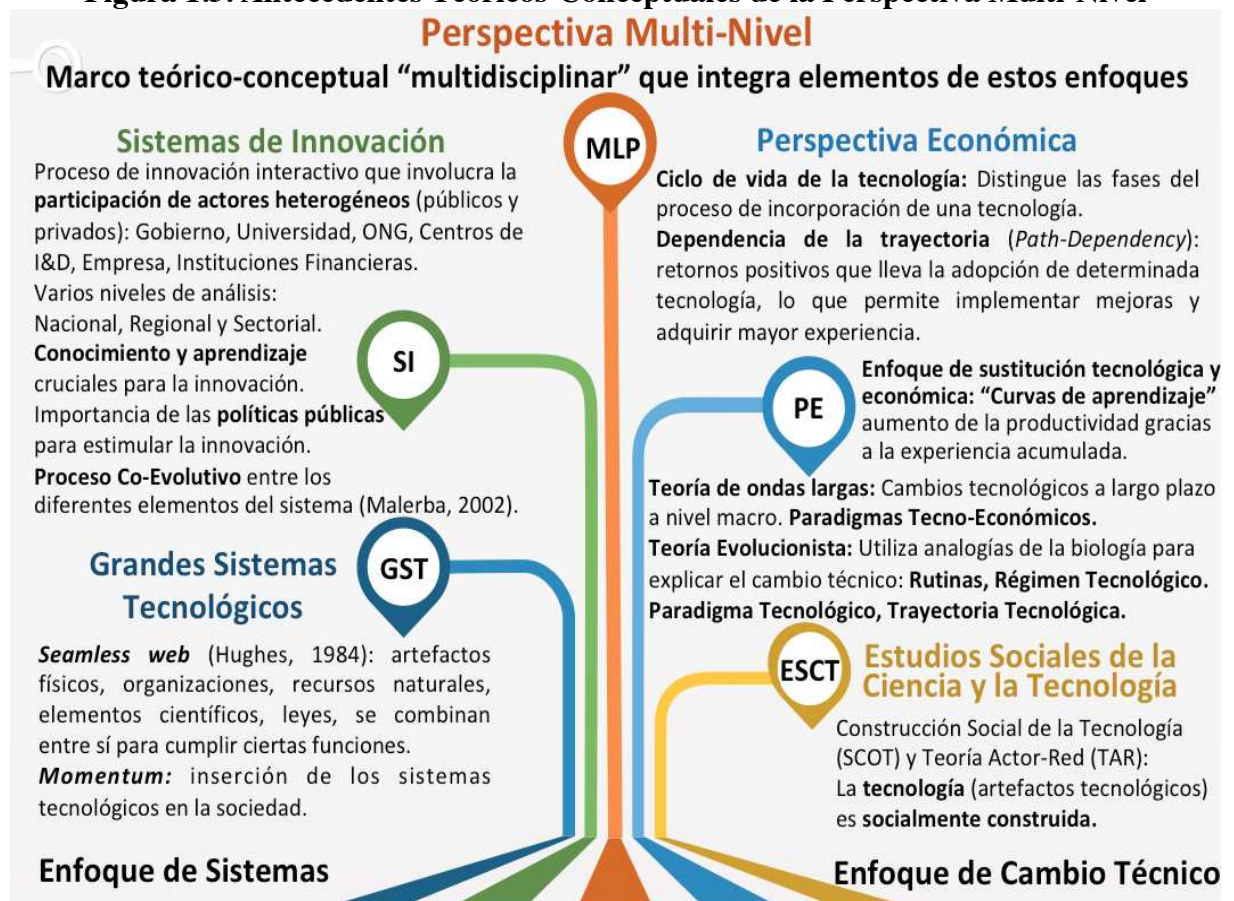
Por su parte, los enfoques asociados a la Perspectiva Económica del Cambio Técnico, analizan la competencia entre las nuevas y las viejas tecnologías, específicamente en los aspectos económicos y de mercado. Para estas teorías las preferencias de los usuarios no son relevantes para el proceso de transición tecnológica (GEELS, 2004b). Este aspecto cobra

²⁴ El proceso de variación es un proceso de búsqueda el cual está caracterizado por la incertidumbre. Cuando se considera que una tecnología o conjunto de tecnologías, son opciones que pueden contribuir a la solución de problemas específicos, el proceso de búsqueda se dirige en esta dirección y surge un Paradigma Tecnológico (DOSI, 1984). Por su parte, el proceso de selección puede realizarse de dos maneras: i) Selección *Ex Post*: cuando las variaciones (opciones generadas) están expuestas a la selección de un mercado, donde sobrevive el más apto (en analogía con el concepto darwiniano). ii) Selección *Ex ante*: el entorno ejerce influencia en la selección de las diferentes opciones (en analogía con Lamarck) (SCHOT; HOOGMA; ELZEN, 1994).

mayor atención en la Perspectiva Multi-Nivel, donde los usuarios y la sociedad en general hacen parte fundamental del proceso de transición de un régimen socio-técnico a otro.

Teniendo en cuenta todos estos antecedentes teóricos, que enfatizan en aspectos puntuales del proceso de transición de una tecnología, la Perspectiva Multi-Nivel surge como un marco analítico-conceptual de carácter multidisciplinar, que integra los enfoques de sistemas y de cambio técnico, para tener una visión más completa y sistémica de los procesos de innovación y de las transiciones socio-técnicas, que incluyen aspectos sociales, económicos, ambientales, políticos, culturales y de cambios de visión de mundo. Estas teorías dieron elementos importantes para definir los niveles de análisis conceptual de la Perspectiva Multi-Nivel, los cuales se resumen en la siguiente figura y se describen en detalle en la siguiente sección.

Figura 1.3. Antecedentes Teóricos-Conceptuales de la Perspectiva Multi-Nivel



Antecedentes Teóricos-Conceptuales de la Perspectiva Multi-Nivel

Fuente: Elaboración propia.

1.4 Niveles de Análisis de la Perspectiva Multi-Nivel

La Perspectiva Multi-Nivel surge como un marco analítico-conceptual de carácter multidisciplinar, que tiene como objetivo entender la complejidad de las transiciones socio-técnicas, con enfoque hacia la sustentabilidad. Como fue presentado en la sección anterior, este enfoque integra diferentes teorías, como los Estudios Sociales de la Ciencia y Tecnología (ESCT) y Teorías de la Economía de la Innovación, las cuales son abordadas desde un enfoque de sistemas y de cambio técnico.

El término “Perspectiva Multi-Nivel”, aunque ya tenía antecedentes conceptuales desde los años 90 con los trabajos de Kemp (1994); Kemp; Rip; Schot (2001); Kemp; Schot; Hoogma (1998); Rip (2000); Schot; Hoogma; Elzen (1994); Van Den Ende; Kemp (1999), fue acuñado por primera vez en el artículo seminal de Frank W. Geels (2002)²⁵: *“Technological transition as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study”*.

Los autores pioneros se cuestionaban sobre la manera en que ocurrían las “Innovaciones de Sistema” o “Transiciones Socio-Técnicas” y cómo se podía superar la inercia asociada a los Sistemas Socio-Técnicos dominantes. Estas transiciones no solo implican cambios en la tecnología, sino también cambios en las prácticas de los usuarios, regulaciones, redes industriales, infraestructura, cultura, entre otros (GEELS, 2002)

Las Innovaciones de Sistema o Transiciones Socio-Técnicas tienen tres características fundamentales (GEELS, 2004b):

- Sustitución tecnológica: Este proceso tiene tres sub-procesos asociados: i) emergencia de una nueva tecnología; ii) difusión de una nueva tecnología; iii) reemplazo de la vieja tecnología por una nueva tecnología.
- Co-evolución: Las innovaciones de sistema no solo están relacionadas con sustitución tecnológica, también incorporan elementos como prácticas de los usuarios, preferencias de los consumidores, regulación, industria, redes, infraestructura y significado cultural, los cuáles evolucionan conjuntamente. La co-evolución implica pensar más allá de las causalidades lineales: no se trata de preguntar qué es lo primero o que causa qué, sino más bien de reconocer cómo los

²⁵ Posteriormente al trabajo de Geels (2002), surgieron otros trabajos inclusive del mismo Geels, que tenían como objetivo refinar este marco teórico-conceptual, aplicarlo a casos de estudio y responder a las críticas sobre las debilidades asociadas a su conceptualización. El impacto y la relevancia de este Marco Conceptual se presentará en detalle en la Sección 1.5.

diferentes fenómenos se moldean y se relacionan entre sí durante períodos de tiempo más largos (LOORBACH; FRANTZESKAKI; AVELINO, 2017)

- Emergencia de nuevas funcionalidades: Cuando la innovación radical tiene propiedades técnicas particulares, esto puede permitir la articulación de nuevas características funcionales.

Geels (2002) distingue tres niveles de análisis, interrelacionados entre sí, que tienen como objetivo comprender la dinámica de las transiciones socio-técnicas:

- Nivel Macro: Panorama Socio-Técnico (*Socio-Technical Landscape*)
- Nivel Meso: Régimen Socio-Técnico (*Socio-Technical Regime*)
- Nivel micro: Innovaciones de nicho (*Niche Innovation*)²⁶

1.4.1 Nivel Macro: Panorama Socio-Técnico (*Socio-Technical Landscape*)

El nivel macro definido por Geels (2002) como “*Socio-Technical Landscape*”, el cual se va a denominar como Panorama Socio-Técnico, es el contexto exógeno que abarca un conjunto de tendencias estructurales profundas, las cuales ejercen presión sobre los regímenes socio-técnicos y las innovaciones de nicho.

En este “Panorama Socio-Técnico”, se encuentran factores heterogéneos de carácter político, regulatorio, ambiental, tecnológico, social y cultural. Driel; Schot (2005) identificaron tres tipos de dinámicas asociadas con el Panorama Socio-Técnico:

i) Choques externos rápidos, que no son previsibles con facilidad como una guerra o la alteración de variables que afectan la estabilidad económica como la variación de los precios del petróleo;

ii) factores que no cambian o que cambian lentamente, como las características climáticas;

iii) Cambios a largo plazo, como cambios demográficos o el proceso de industrialización de Alemania.

Estos factores, si son lo suficientemente fuertes, pueden crear una desestabilización en el Régimen Socio-Técnico Dominante y abrir ventanas de oportunidad

²⁶ El trabajo seminal de Geels (2002) utiliza el término Nichos Tecnológicos (*Technological Niches*) para identificar los espacios protegidos donde surgen las innovaciones. El artículo Schot; Geels, (2008) hace una adaptación al modelo original y modifica el nombre de Nichos Tecnológicos por Innovaciones de Nicho (*Niche Innovations*) donde se resalta las redes de actores para soportar las novedades y los procesos de aprendizaje en múltiples dimensiones.

para estimular la creación de innovaciones de nicho radicales. Sin embargo, los procesos de transición del “Panorama Socio-Técnico” toman periodos de tiempo más prolongados debido a su naturaleza estable y a que son poco dependientes de la influencia de los actores del régimen y del nicho. Los factores del Panorama Socio-Técnico pueden ser tanto los motores de transformación, como los frenos del sistema.

El Panorama Socio-Técnico se basa en la conceptualización de *Long Durée de Braudel*, (1958) y de la Teoría de las Ondas Largas y de los Paradigmas Tecno-Económicos de Freeman; Perez, (1998). Para Braudel, (1958), existen tres niveles asociados a las diferentes velocidades de desarrollos históricos. El primero es el nivel macro, el cual es formado por estructuras profundas que se desarrollan en periodos de 50-100 años y forman el *Long Durée* (larga duración). Aquí se encuentran aspectos como la geografía, condiciones ambientales y demografía, las cuáles no pueden ser modificadas por los humanos. El nivel meso está asociado a procesos cíclicos y cambios graduales en la agricultura, transporte, economía, comercio y valores culturales entre otros, los cuales duran décadas en cambiar y son el resultado de acciones de grupos sociales. Finalmente, el nivel micro está asociado a eventos específicos como cambios políticos, diplomáticos o militares, que pueden demorar meses o años y dependen de acciones individuales, específicamente de líderes reconocidos (GEELS, 2005a). El trabajo de Braudel (1958) fue importante para entender los grandes cambios exógenos que afectan las transiciones, mas para Geels (2005a), su visión tenía un sesgo estructuralista porque solo consideraba los cambios de arriba hacia abajo (*top-down*) y no consideraba que también se pueden propiciar cambios de abajo hacia arriba (*bottom-up*).

Por su parte, el trabajo de Freeman; Perez, (1998) fue importante en la medida que la Teoría de las Ondas Largas y de los Paradigmas Tecno-Económicos están asociados a Transformaciones de largo plazo y en todo el conjunto de la economía, tal como fue explicado en la sección anterior. Sin embargo, el Panorama Socio-Técnico además de aspectos económicos y tecnológicos, también tiene en cuenta grandes transformaciones institucionales, políticas, sociales y culturales y se aplica a sistemas específicos relacionados con la sustentabilidad como energía, transporte, movilidad, agricultura, entre otros.

1.4.2 Régimen Socio-Técnico (*Socio-Technical Regime*)

El nivel meso-económico es definido por Geels (2002) como Régimen Socio-Técnico, que corresponde a forma dominante y establecida en que se cumplen las diferentes funciones sociales. El concepto de Régimen Socio-Técnico está basado en los **Regímenes Tecnológicos** definidos por Nelson y Winter (1977), los cuales se generan cuando diferentes actores (ingenieros y empresas) comparten rutinas particulares, las cuales conforman una “heurística” particular para hacer las cosas y resolver los problemas. Los Regímenes Tecnológicos crean estabilidad, pues proporcionan una dirección para el desarrollo técnico incremental.

El artículo seminal de Kemp; Schot; Hoogma (1998), propuso una definición de “Régimen Tecnológico”, que aunque se basó en la conceptualización hecha por Nelson y Winter (1977), buscó ir más allá de la solución de problemas tecnológicos. Para Kemp; Schot; Hoogma (1998), el enfoque de Régimen Tecnológico, propuesto por la teoría evolucionista, es muy limitado para explicar el cambio técnico, pues le presta poca atención a la interacción entre factores cognitivos, económicos y sociales, que también son importantes para la solución de problemas. En este sentido Kemp; Schot; Hoogma (1998) definen Régimen Tecnológico como:

"Todo el conjunto de conocimientos científicos, prácticas de ingeniería, tecnologías de proceso de producción, características del producto, habilidades y procedimientos, e instituciones e infraestructuras que conforman la totalidad de una tecnología [...] Es por lo tanto el contexto específico de una tecnología, que prescribe el tipo de actividades de resolución de problemas que los ingenieros probablemente realicen y una estructura que permite y restringe ciertos cambios" (KEMP; SCHOT; HOOGMA, 1998 p. 182).

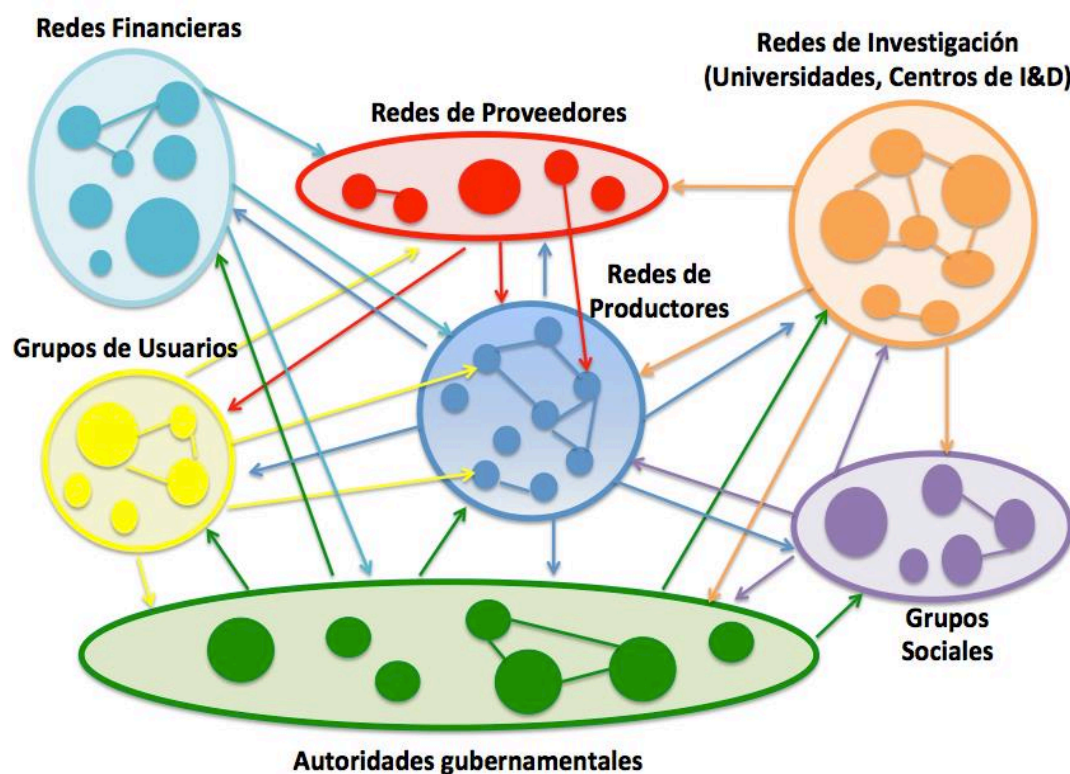
Esta definición de Régimen Tecnológico es más amplia, al incluir aspectos sociales, políticos, infraestructura, patrones de consumo, creencias y valores culturales, los cuales configuran un régimen dominante y estable que es difícil de modificar. En este sentido, los cambios del régimen son más de carácter incremental que radical, ya que para que se generen innovaciones radicales se requieren modificaciones tanto del lado de la oferta como de la demanda, lo cual es un proceso de largo plazo.

Teniendo en cuenta estos antecedentes conceptuales, (GEELS, 2002) define **Régimen Socio-Técnico** como:

“El conjunto de reglas semi-coherentes llevadas a cabo por diferentes grupos sociales. Al proporcionar orientación y coordinación a las actividades de los grupos de actores relevantes, los regímenes socio-técnicos son responsables de la estabilidad de las configuraciones socio-técnicas. Esta estabilidad es de carácter dinámico, lo que significa que la innovación todavía se produce, pero es de una naturaleza incremental” (GEELS, 2002, p. 1260).

Los cambios radicales en los Regímenes Socio-Técnicos se dificultan más, porque existen una red de actores heterogéneos, con comportamientos e intereses particulares, que auto-reproducen y refuerzan el Régimen Socio-Técnico dominante. Estos actores pertenecen a diferentes redes: financieras, de investigación, productores, proveedores, usuarios, autoridades gubernamentales y grupos sociales (Vea Figura 1.4). Estas redes de actores a su vez, están asociadas a siete dimensiones en el régimen socio-técnico definidas por Geels (2002): tecnología, cultura, política, ciencia, industria, infraestructura, mercado y preferencias de los usuarios, las cuales co-evolucionan entre sí.

Figura 1.4. Redes de Multi-actores involucrados en los Regímenes Socio-Técnicos



Fuente: Traducido de Geels (2002).

Los Regímenes Socio-Técnicos dominantes definen la estabilidad del sistema actual o “tradicional” y determina cómo deben ser solucionados los problemas, lo que genera un *lock-in*, el cual es reforzado por los intereses de actores de diferentes grupos sociales y por un conjunto de reglas predeterminadas, que son difíciles de alterar.

Sin embargo, Geels (2002) plantea que es posible la Transición de los Regímenes Socio-Técnicos, ya sea por la presión que ejercen factores del Paisaje Socio-Técnico (*Socio-Technical Landscape*), por las innovaciones de nicho, o por su acción simultánea, lo que indica el carácter dinámico y multi-nivel de las transiciones. Así, la transición consiste en la modificación del Régimen Socio-Técnico dominante y de cómo se cumple una función social determinada (transporte, energía, movilidad), la cual debería ser más sustentable en términos de producción y consumo. En este proceso de transición tanto la tecnología como el sistema en el que se produce y utiliza cambian a través de un proceso de co-evolución y adaptación mutua (KEMP; SCHOT; HOOGMA, 1998).

1.4.3 Innovaciones de nicho (*Niche Innovations*)

El nivel micro fue denominado por Geels, (2002) como Innovaciones de Nicho (*Niche Innovations*). Los nichos son considerados como espacios de aprendizaje protegidos o aislados y es donde se generan las innovaciones radicales, las cuales son apoyadas por usuarios con demandas especiales. Los procesos de aprendizaje a nivel de los nichos, pueden ser tanto de carácter tecnológico como social, puesto que involucran nuevas maneras de interrelación entre los actores y nuevas visiones sobre cómo son entendidas las funciones sociales. En este sentido, utiliza los fundamentos de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, ya que concibe a la tecnología como socialmente construida y su interrelación con artefactos físicos y no físicos en una *seamless web*.

Los actores pueden actuar tanto a nivel del nicho como de régimen y cumplir papeles diferentes, según sus intereses y expectativas. Así, las innovaciones de nicho se deben estimular y proteger para que consigan ser lo suficientemente fuertes para transformar el régimen socio-técnico dominante.

El enfoque de la Gestión Estratégica de Nichos (*Strategic Niche Management*) comenzó a ser estudiado por (KEMP; SCHOT; HOOGMA, 1998), y es definida como:

“La Gestión Estratégica de Nichos es la creación, desarrollo controlado de espacios protegidos para el desarrollo y uso de tecnologías prometedoras mediante la experimentación, con el objetivo de conocer la conveniencia de la nueva tecnología y mejorar el desarrollo y la tasa de aplicación de la nueva tecnología” (KEMP; SCHOT; HOOGMA, 1998)

Así, los nichos proporcionan el espacio para construir redes sociales que apoyan las innovaciones, a través de la interacción de actores heterogéneos, con diferentes intereses como gobierno, productores, proveedores, sector financiero, universidades y usuarios, entre otros. Todos los actores pueden ser responsables de la gestión de nichos, la cual debe ser un esfuerzo colectivo. Sin embargo, las políticas públicas son clave para el apoyo de innovaciones de nicho, por ejemplo a través de subsidios, incentivos y proyectos demostrativos.

En este sentido, el aprendizaje sobre los nichos y sus tecnologías asociadas, es fundamental para reconocer sus problemas y necesidades, determinar su viabilidad técnica y económica, e identificar sus ventajas sociales y ambientales en el corto, medio y largo plazo. También es importante “promover el desarrollo de tecnologías y competencias complementarias y estimular los cambios en la organización social que son importantes para la difusión más amplia de la nueva tecnología” (KEMP; SCHOT; HOOGMA, 1998).

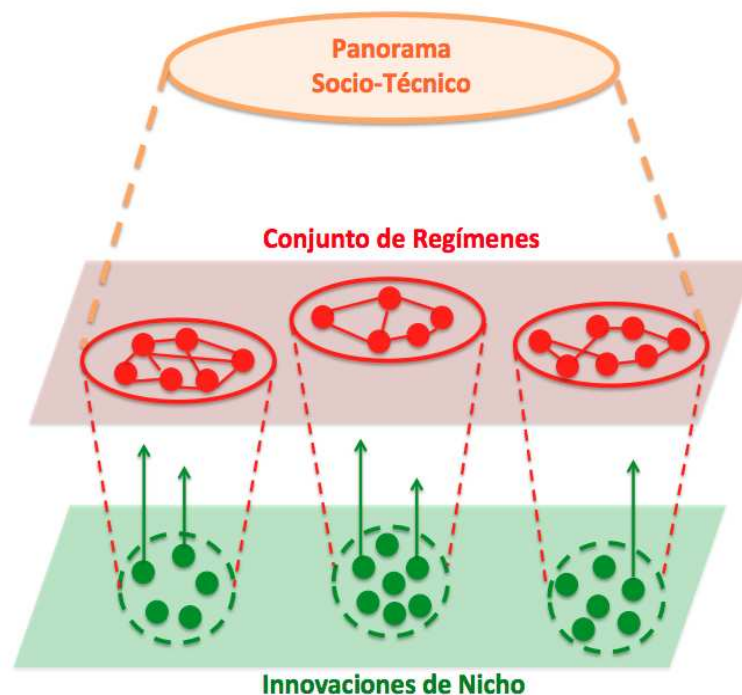
1.4.4 Perspectiva Multi-Nivel (*Multi-Level Perspective*)

La interacción de los tres niveles analíticos definidos por Geels (2002): Panorama Socio-Técnico, Régimen Socio-Técnico e Innovaciones de nicho, conforman una jerarquía anidada²⁷, que es denominada como Perspectiva Multi-Nivel. En este marco teórico-conceptual aunque hay niveles macro, meso y micro, todos tienen igual importancia y no existen fronteras cerradas o rígidas entre ellos, por el contrario, sus interacciones son fundamentales para analizar los procesos de transición. Las relaciones entre estos niveles de análisis indican distintos grados de estructuración de las prácticas locales, donde cada grupo de actores participa de acuerdo a sus intereses y expectativas.

²⁷ Los primeros trabajos de Geels (2002, 2005, 2007) hacían énfasis en el carácter jerárquico de los niveles de análisis. Sin embargo, a partir de diferentes críticas que hacían referencia a que parecía que unos niveles de análisis recibían mayor atención que otros, Geels deja de utilizar el concepto de jerarquía para evitar malinterpretaciones y así queda manifestado en Geels (2011).

Es importante señalar que pueden existir un conjunto de regímenes socio-técnicos, que pueden interactuar entre sí, como por ejemplo, el régimen del transporte, la energía y la movilidad. Además, hay un conjunto de innovaciones de nicho asociadas a cada régimen, pero que también pueden ser elementos comunes a diferentes regímenes. Por su parte, diferentes aspectos del Panorama Socio-Técnico, pueden ejercer presión directamente sobre el régimen y estos a su vez sobre sus innovaciones de nicho, o también pueden ejercer influencia directa sobre las innovaciones de nicho. En la siguiente figura se presenta el carácter anidado de la Perspectiva Multi-Nivel.

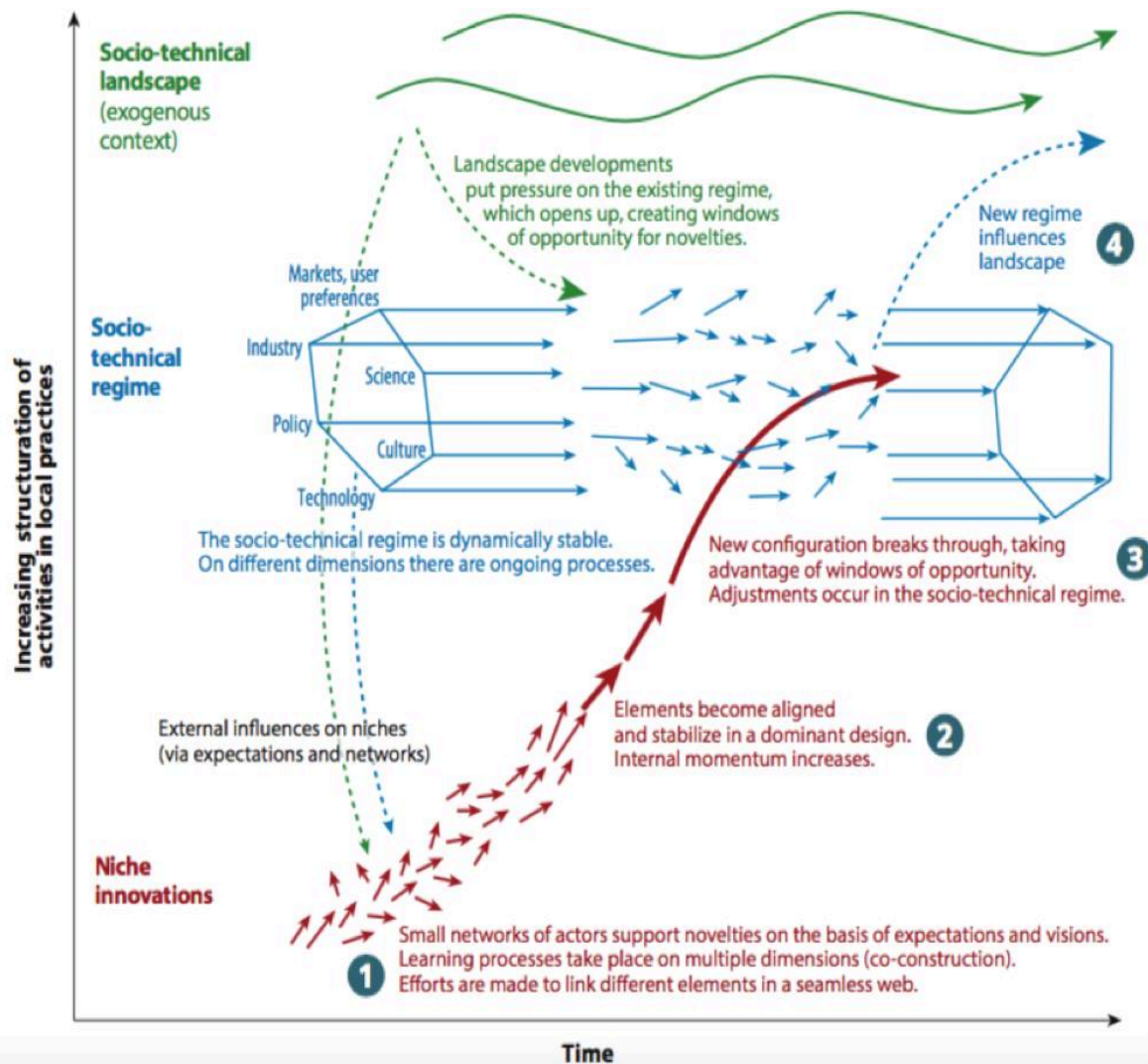
Figura 1.5. Múltiples niveles como una jerarquía anidada



Fuente: Traducido de Geels (2002).

De acuerdo con el modelo definido por Geels (2002) y posteriormente refinado por Geels; Schot (2007) las transiciones ocurren por la interacción entre los diferentes niveles de análisis y entre actores heterogéneos asociados a estos niveles, cuyo proceso se resume en la siguiente figura.

Figura 1.6. Perspectiva Multi-Nivel en Transiciones Socio-Técnicas



Fuente: Geels; Schot (2007) adaptación de Loorbach; Frantzeskaki; Avelino (2017).

Aunque es difícil determinar claramente las etapas de un proceso de transición, por su carácter sistémico, dinámico y multi-nivel, es posible definir diferentes momentos o fases, las cuales se describen a continuación y están basadas en los trabajos de Elzen; Geels; Green, (2004); Geels, (2002):

Primera Fase: Emergencia de la novedad en un contexto existente: En un primer momento, en el nivel micro, surgen múltiples innovaciones de nicho, sobre las cuales hay mucha incerteza sobre su diseño y funcionalidad, pero que pueden surgir para resolver algunos problemas puntuales asociados al régimen socio-técnico dominante. Pequeñas redes de actores, basados en sus expectativas y visiones, dan soporte a estas innovaciones de nicho y por medio del aprendizaje en diferentes dimensiones, conocen sus ventajas y desventajas. Estos actores hacen un esfuerzo para vincular elementos tecnológicos, sociales, políticos,

económicos y culturales en una *seamless web*, para cumplir determinados objetivos y funciones. Este proceso es influenciado tanto por factores asociados al Paisaje Socio-Técnico, como al Régimen Socio-Técnico dominante, el cual es considerado como “dinámicamente estable”.

Es importante señalar que el proceso de transición de innovaciones de nicho a innovaciones radicales y su inserción al régimen socio-técnico dominante, es gradual y es considerado por Geels (2002) como una acumulación de nichos. En este proceso es posible que se presenten casos de tecnologías híbridas, que tomen elementos de tecnologías ya establecidas, con elementos de las nuevas tecnologías, o que sirvan de tecnologías complementarias para determinadas funciones. Así, “la complementariedad entre diferentes componentes asociados a una tecnología, puede ser una fuente importante de inercia que obstaculiza la emergencia de innovaciones radicales” (GEELS, 2004a). Por lo tanto, de manera inmediata las viejas y nuevas tecnologías no compiten entre sí, por el contrario se genera un tipo de simbiosis entre ellas hasta configurar un diseño dominante.

Segunda Fase: Especialización técnica en mercados de nicho y exploración de nuevas funcionalidades. Una vez los procesos de aprendizaje y la interacción entre actores se fortalecen, se genera una alineación entre los elementos del sistema, lo que permite la estabilización de un diseño dominante. Este diseño dominante continua su proceso de evolución y va ganando *momentum*, si las expectativas son más precisas y ampliamente aceptadas, lo que le abre el camino para su consolidación e inserción en la economía y en la sociedad.

En esta fase, las nuevas tecnologías comienzan a competir con las tecnologías del régimen dominante, generando un *Efecto Bandwagon*²⁸, donde una tecnología puede verse favorecida porque un grupo importante de usuarios comienza a utilizarla de manera masiva.

Así, comienza el surgimiento de una comunidad de actores vinculados a la nueva tecnología, los cuales participan de asociaciones profesionales, conferencias, redes de trabajo, publicaciones, que tienen como objetivo aprender más sobre la nueva tecnología y establecer una serie de normas, reglas e instituciones para difundir ampliamente las ventajas de la nueva tecnología.

²⁸ El Efecto *Bandwagon* es un fenómeno psicológico en el que las personas hacen algo principalmente porque la mayoría lo está haciendo, independientemente de sus propias creencias. Los economistas usan el término de “Efecto *Bandwagon*” para describir el beneficio que disfruta un consumidor como resultados de que otros, utilicen el mismo producto o servicio.

Tercera Fase: Amplia difusión, inserción de la nueva tecnología y competencia con el régimen establecido. Una vez la nueva tecnología y las reglas básicas se establecen, se da paso a la amplia difusión de la nueva tecnología. De manera simultánea, tanto las presiones externas del Panorama Socio-Técnico, como el proceso co-evolutivo de las innovaciones radicales, crean “ventanas de oportunidad” para modificar el régimen socio-técnico dominante y reconfigurar sus diferentes dimensiones.

Estas ventanas de oportunidad para las innovaciones de nicho pueden surgir por diferentes factores: i) la tecnología disponible tiene problemas de rendimiento; ii) cambios en los mercados y preferencias de los usuarios; iii) cambios en las agendas políticas que conducen a regulaciones más estrictas; iv) competencia que puede llevar a las empresas establecidas a diversificarse a través de desarrollos en innovaciones de nicho (EEA EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2018).

Estas ventanas de oportunidad también pueden estar asociadas a estudios de caso, experimentos y proyectos de demostración, que permiten evaluar el desempeño de determinada tecnología o innovación radical en un contexto económico y social. En este sentido, se da un proceso de sustitución tecnológica y económica a partir de las curvas de aprendizaje ya que al adoptar estas nuevas tecnologías se pueden implementar mejoras y adquirir mayor experiencia.

Cuarta Fase: Reemplazo gradual del régimen establecido y transformaciones más amplias. En esta fase la nueva tecnología se consolida como diseño dominante, con un mejor rendimiento y desempeño, por lo cual consigue sustituir a la antigua tecnología y transformar el Régimen Socio-Técnico. El proceso de transformación del Régimen Socio-Técnico, no es de manera inmediata, por el contrario, toma tiempo, ya que involucra modificaciones en las diferentes dimensiones: económica, industrial, cultural, política, infraestructura, social y de mercado.

Previamente a la consolidación de un diseño dominante, también es posible que se genere un Efecto del Barco de Vela (*Sailing Ship Effect*)²⁹, en el cual, las empresas y actores del régimen socio-técnico dominante, se ven “obligados” a mejorar incrementalmente sus

²⁹ El origen de la frase Efecto del Barco de Vela (*Sailing Ship Effect*), se debe al ejemplo relatado por Gilfillan (1935) quien mostró cómo la vieja nave de vela se mejoró considerablemente a medida que nacían los buques de vapor durante el siglo XIX. Las mejoras afectaron a casi todos los componentes y materiales del barco de vela, por lo que la desaparición de este tipo de embarcación se retrasó por un período bastante largo (LISO; FILATRELLA, 2008)

tecnologías establecidas para enfrentar la nueva competencia, lo que puede ralentizar la consolidación de las innovaciones radicales.

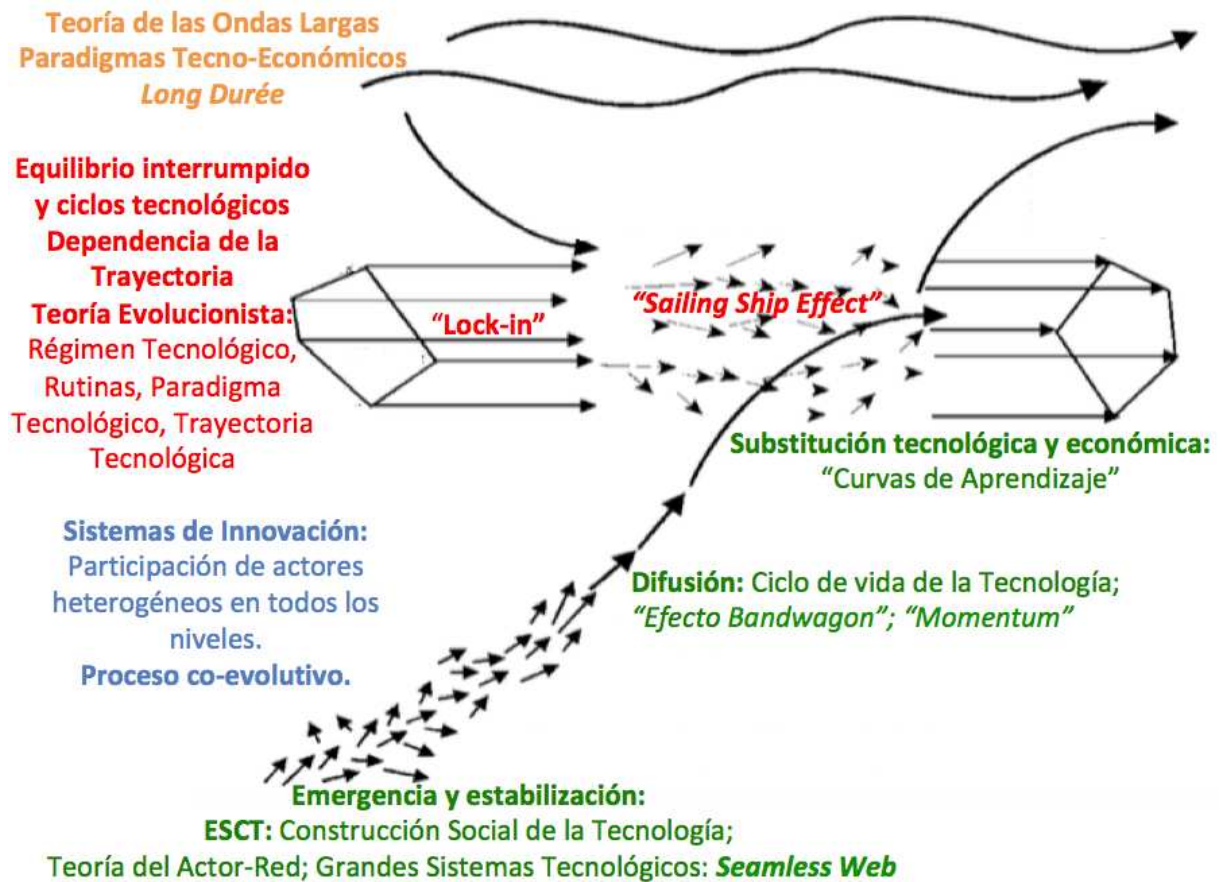
Durante todas las fases del proceso de transición, la interacción y redes de colaboración entre los actores heterogéneos, que actúan tanto a nivel de Innovaciones de Nicho como de Régimen Socio-Técnico, permiten redefinir el sistema socio-técnico. Los actores incluso pueden ser los mismos, pero desempeñan diferentes funciones de acuerdo a sus expectativas e intereses.

Así, los procesos de interacción entre los diferentes niveles de análisis, son los que permiten que una tecnología sea exitosa y haga una transición de innovación de nicho hasta modificar el régimen socio-técnico establecido. En el largo plazo este proceso de transformación también modifica las características del Panorama Socio-Técnico.

De esta manera, la Perspectiva Multi-Nivel se convierte en un marco analítico-conceptual valioso para entender el proceso co-evolutivo de transición de una tecnología, el cual involucra aspectos políticos, económicos, sociales y culturales y la participación de actores heterogéneos en todos los niveles de análisis. Este marco analítico-conceptual, es de carácter multidisciplinar, ya que toma sus principales fundamentos teóricos de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (ESCT) y de la Economía Evolucionista, tal como fue analizado en la Sección 1.3.

Para finalizar esta sección, y a manera de síntesis, la siguiente figura integra los principales antecedentes teóricos y conceptuales de la Perspectiva Multi-Nivel con las diferentes fases del proceso de transición de una tecnología a través de los tres niveles de análisis: Panorama Socio-Técnico, Régimen Socio-Técnico e Innovaciones de Nicho.

Figura 1.7 Integración de los principales antecedentes teóricos en la Perspectiva Multi-Nivel



Fuente: Adaptado de Elzen; Geels; Green (2004).

Así, esta figura evidencia que la Perspectiva Multi-Nivel no es totalmente novedosa en relación a su fundamentación teórica, como muchos de sus críticos lo manifiestan. Sin embargo, su principal aporte radica en el análisis multidisciplinar, integrado y no lineal del proceso de transición socio-técnica de una tecnología o conjunto de tecnologías, principalmente enfocadas en la sustentabilidad y que plantean transformaciones en diversas dimensiones: política, económica, social, cultural, de mercado, infraestructura, entre otras. Además, la Perspectiva Multi-Nivel, retoma en todo su análisis la cuestión de la gobernanza, que implica la participación e interacción de actores heterogéneos y sus intereses particulares, los cuales son fundamentales para generar procesos de transición.

1.4.5 Tipología de las Transiciones Socio-Técnicas

Para finalizar el análisis de Perspectiva Multi-Nivel, y con el objetivo de superar las críticas que hacen referencia al sesgo asociado a los modelos de cambio de abajo hacia arriba (*bottom-up*), el artículo de Geels; Schot (2007), identifica una tipología de las Transiciones Socio-Técnicas, las cuales combinan el momento (*timing*) de las interacciones y la naturaleza de la interacción entre los tres niveles de análisis. El *timing* de las interacciones hace referencia a los diferentes momentos en que se relacionan los diferentes niveles, lo que genera resultados diferentes en el proceso de transición. Por ejemplo, si el Panorama Socio-Técnico ejerce presión cuando las innovaciones de nicho no están totalmente desarrolladas, están no están en capacidad de aprovechar las ventanas de oportunidad que las presiones externas brindan para modificar el régimen socio-técnico dominante.

Por su parte, la naturaleza de las interacciones hace referencia a los tipos de relación entre los diferentes niveles de análisis. Por ejemplo, las innovaciones de nicho pueden tener una relación competitiva con el régimen existente cuando el objetivo es reemplazarlo, o también pueden tener una relación simbiótica si su objetivo es resolver algún problema puntual del régimen socio-técnico existente.

La combinación entre el *timing* y la naturaleza de las interacciones entre los tres niveles de análisis, dio origen a una tipología de seis transiciones socio-técnicas, las cuales se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 1.2 Tipología de las Transiciones Socio-Técnicas

Tipología de Transiciones Socio-Técnicas	Características
Proceso de Reproducción	No hay una fuerte presión del Panorama Socio-Técnico, por lo cual el Régimen Socio-Técnico se mantiene estable y se reproduce a si mismo. Existen algunas innovaciones radicales pero no son lo suficientemente fuertes para transformar el Régimen Dominante, el cual tiene un conjunto de reglas estables que permiten resolver los problemas.
Trayectoria de Transformación	Hay algunas presiones del Panorama Socio-Técnico que influyen en los actores del Régimen Socio-Técnico, los cuales pueden reorientar las trayectorias de desarrollo y las actividades de innovación, pero no hay un cambio radical, solo cambios incrementales en el régimen dominante, debido a que las innovaciones de nicho, no están suficientemente desarrolladas. Actores externos (<i>outsiders</i>) al Régimen pueden percibir la presión del Panorama Socio-Técnico y generar algunas transformaciones graduales en las reglas del Régimen y en las actividades de innovación.
Trayectorias de Desalineación y Realineación	Los cambios en el Panorama Socio-Técnico son grandes y sorprendentes, lo que genera una desalineación en el Régimen Socio-Técnico dominante, la desestabilización de sus reglas y la pérdida de confianza de los actores. Surgen diferentes innovaciones de nicho, las cuales no están lo suficientemente desarrolladas y compiten por atención y recursos. Eventualmente una innovación de nicho se vuelve dominante y conlleva a la Realineación de un nuevo Régimen Socio-Técnico.
Sustitución Tecnológica	Si se genera un choque específico, fuerte y disruptivo en el Panorama Socio-Técnico, y las innovaciones de nicho se encuentran suficientemente desarrolladas, se genera rápidamente el reemplazo del Régimen Socio-Técnico existente. Las innovaciones de nicho aprovechan las ventanas de oportunidad que se abren debido a la presión externa. Es posible que los actores ya establecidos en el Régimen realicen mejoras incrementales en las tecnologías establecidas (<i>Sailing Ship Effect</i>), para defenderse de las innovaciones de nicho.
Trayectoria de Reconfiguración	Las innovaciones de nicho pueden surgir en un primer momento para resolver aspectos puntuales de las tecnologías del Régimen Socio-Técnico dominante, como innovaciones radicales o como nuevas combinaciones de elementos existentes. Si estas innovaciones de nicho logran modificar las reglas establecidas, las prácticas de los actores y la arquitectura básica del régimen, se genera una reconfiguración de la trayectoria. Esta reconfiguración no se genera solamente por el avance de una tecnología, sino por múltiples innovaciones complementarias que surgen de la interacción entre los tres niveles de análisis: Panorama Socio-Técnico, Régimen Socio-Técnico e Innovaciones de Nicho.
Cambios Disruptivos	Este tipo de transición se da cuando hay un cambio disruptivo muy fuerte en el Panorama Socio-Técnico que genera diferentes tipos de transiciones socio-técnicas, las cuales pueden comenzar con la trayectoria de transformación, posteriormente reconfiguración, sustitución tecnológica y finalmente trayectorias de desalineación y realineación. Así, una presión muy fuerte por parte del Panorama Socio-Técnico puede generar diferentes procesos de transición que no tienen un orden establecido, pero que a largo plazo pretenden modificar las características del Régimen Socio-Técnico dominante.

Fuente: Elaborado a partir de Geels; Schot (2007).

Esta tipología de las transiciones socio-técnicas es importante para identificar posteriormente si las transiciones socio-técnicas de los buses de baja emisión en Brasil, cumplen con algunas de estas características, o por el contrario tienen atributos particulares que las diferencian de las ya establecidas por Geels; Schot (2007), lo que daría un rasgo innovador al análisis presentado en la presente Tesis Doctoral. Este análisis será presentado en el Capítulo 4, que corresponde al caso brasileño.

1.5 Relevancia académica del Enfoque Analítico-Conceptual de la Perspectiva Multi-Nivel

Con el objetivo de identificar la relevancia de las Transiciones hacia la Sustentabilidad y específicamente de la Perspectiva Multi-Nivel (MLP) en los últimos años y el crecimiento de comunidades científicas y académicas que estudian estas temáticas y sus campos de aplicación, fue realizado un ejercicio bibliométrico³⁰ de artículos científicos, consultando la base de datos *Scopus*.

Este ejercicio bibliométrico es una evolución del trabajo de Markard; Raven; Truffer, (2012), titulado “*Sustainability Transitions: An emerging field of research and its prospects*”, en el cual se identificaron los principales artículos relacionados con las Transiciones hacia la Sustentabilidad (*Sustainability Transitions*), los principales marcos analíticos asociados a los Estudios de Transición: Gestión de la Transición (*Transitions Management*); Gestión Estratégica de Nichos (*Strategic Niche Management*); Sistemas Tecnológicos de Innovación (*Technological Innovation Systems*) y la Perspectiva Multi-Nivel (*Multi-Level Perspective*). Este trabajo también identificó algunas líneas de investigación futura para refinar teóricamente los estudios de transición. Los principales resultados de este ejercicio, ya evidenciaban desde el año 2012, la importancia creciente de estos temas de investigación y su impacto, medido por el número de citaciones.

En este sentido, el ejercicio que se presenta en el Apéndice A, pretende hacer una actualización de la publicación de artículos científicos, el cual continua identificando aspectos de la Transiciones hacia la Sustentabilidad, pero con un énfasis especial en la Perspectiva Multi-Nivel, que es el referencial analítico seleccionado para la presente investigación.

³⁰ La Bibliometría nace como una herramienta que analiza los resultados de las investigaciones publicadas en artículos científicos. La Bibliometría estudia los aspectos cuantitativos de la producción, diseminación y utilización de la información registrada en artículos científicos que se encuentran en diferentes bases de datos. “*La Bibliometría ayuda a explorar, organizar y analizar grandes cantidades de datos, identificando “padrones ocultos” que puedan ayudar a las investigadores en la toma de decisiones*” (DAIM et al., 2006).

Además, se realizó el análisis de las citaciones de los artículos publicados por Frank Geels, quien fue el primer autor en utilizar el concepto de Perspectiva Multi-Nivel.

Los principales resultados de este ejercicio³¹, indican un crecimiento importante en el número de publicaciones con 1.335 artículos entre el periodo 1994-2018. Se evidencia que ya existe una comunidad académica importante en este campo, la cual realiza diferentes actividades de investigación y cuenta con el apoyo de una red de colaboración de centros de investigación, universidades reconocidas a nivel mundial (principalmente europeas) y de entidades gubernamentales, que han tomado sus fundamentos conceptuales para la elaboración de políticas públicas enfocadas hacia la sustentabilidad. Los resultados detallados de este ejercicio se pueden consultar en el Apéndice A.

1.6 Críticas y posibilidades de mejora a la Perspectiva Multi-Nivel

Son muchas las críticas e sugerencias de mejora recibidas por la Perspectiva Multi-Nivel. Sus detractores afirman que no hay nada novedoso en relación a esta teoría y que su análisis es muy similar al realizado por Freeman; Perez, (1998) en su conceptualización de Paradigmas Tecno-Económicos y al Enfoque de Sistemas de Innovación de autores como Cooke; Gomez Uranga; Etxebarria, (1997); Freeman, (1987); Lundvall, (1992); Malerba, (2002); Nelson, (1993), entre otros.

Sin embargo, tal como se explicó detalladamente en la sección de antecedentes teóricos, la Perspectiva Multi-Nivel no niega que sus bases conceptuales parten de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, la Economía Evolucionista y la Economía de la Innovación, por el contrario, destaca sus aportes teóricos y realiza una propuesta de marco teórico-conceptual para entender el proceso de transición socio-técnica de una tecnología o grupo de tecnologías con enfoque en la sustentabilidad. Por supuesto este es un enfoque relativamente joven, ya que las primeras publicaciones aparecen a finales de los años 90 y aun tiene muchos aspectos teóricos susceptibles de mejora.

Algunas de las principales críticas a los estudios de transición y específicamente a la Perspectiva Multi-Nivel fueron compiladas en el trabajo de Markard; Raven; Truffer (2012), quienes a partir de la revisión de un conjunto de artículos científicos, plantean la necesidad de elaborar marcos conceptuales y metodológicos más elaborados y precisos para

³¹ Los principales aspectos analizados en el ejercicio bibliométrico son: dinámica de publicación de artículos científicos: líderes de investigación (países, universidades); principales revistas; artículos más citados; principales conceptos (*keywords*).

entender los procesos de transición y comprender el papel de la política (*politics*) en la Gestión Estratégica de Nichos. También resaltan la importancia de comprender la agencia de los diferentes grupos de actores, los conflictos y luchas entre ellos y las estrategias de las empresas y de las industrias en los procesos de transición. Además, consideran que los estudios de transición deben mejorar el análisis de las particularidades del territorio donde se desarrollan las transiciones y las posibles diferencias entre los contextos socio-económicos entre países.

Consciente de estas críticas y debilidades, Geels, (2011) en su artículo “*The Multi-Level Perspective on Sustainability Transitions: Response to seven criticisms*”, compila las principales críticas y propone algunas posibles mejoras e investigaciones futuras. Las principales críticas son: i) Falta de agencia; ii) Operacionalización de regímenes; iii) Sesgo hacia modelos de cambio *bottom-up*; iv) Heurística, epistemología y estilo explicativo; v) Metodología; vi) Panorama Socio-Técnico (*Landscape*) como categoría residual; vii) Ontologías planas versus niveles jerárquicos.

Otras críticas están relacionadas con: viii) Sesgo de aplicación en países desarrollados, especialmente europeos y ix) Falta de análisis de la Perspectiva Territorial. Tal como fue planteado en la introducción, el aporte de la presente tesis está enfocado en analizar un país en desarrollo como Brasil y hacer un énfasis en el papel de la ciudad de São Paulo, como dinamizadora del proceso de transición hacia una movilidad de bajo carbono. En la siguiente figura se resumen las principales críticas y posteriormente se analizan las sugerencias de mejora de las mismas.

Figura 1.8 Resumen de las críticas a la Perspectiva Multi-Nivel



Fuente: Elaboración propia con base en Geels (2011); Truffer; Coenen, (2012); Markard; Raven; Truffer, (2012)

1.6.1. Falta de Agencia

En primer lugar, se afirma que la Perspectiva Multinivel carece de “agencia” o subestima el papel de la agencia en las transiciones, lo que significa que no es explícita sobre la capacidad que tiene un actor o un grupo social para actuar y tomar decisiones en un contexto determinado. Esta crítica surge principalmente porque la figura que resume la Perspectiva Multi-Nivel (Vea Figura 1.6) no incorpora de manera explícita la participación de los actores. Sin embargo, los trabajos de Geels (2002, 2005, 2007, 2011) resaltan la importancia de la participación de los actores en todos los niveles de análisis, lo cual se evidencia en la definición del Eje Y: “estructuración creciente de las actividades en las prácticas locales” (*Increasing structuration of activities un local practices*), lo que indica que los diferentes niveles de análisis son continuamente reproducidos y promulgados por los actores en actividades concretas.

Estos actores tienen “Racionalidad Limitada”³² y diferentes niveles de poder y recursos de acuerdo al su nivel de análisis. Por ejemplo, los actores de nicho son comunidades pequeñas e inestables que pueden tener menores recursos (dinero, conocimiento y herramientas) lo que dificulta la realización de sus propósitos e intereses para modificar el régimen socio-técnico dominante (GEELS, 2004a). En contraste, los actores del régimen son comunidades más establecidas, coordinadas y con mayores recursos disponibles que permiten reforzar su permanencia en el Régimen Socio-Técnico dominante. También existe la posibilidad de que los mismos actores actúen tanto en el régimen como de nicho, con objetivos particulares en cada nivel de análisis.

En este sentido, Geels, (2018) plantea que es necesario ampliar el análisis de las luchas e interacciones que se generan entre los actores de nicho y régimen, las cuales incluyen la competencia económica entre las tecnologías antiguas y nuevas, luchas políticas por ajustes en regulaciones, estándares, subsidios e impuestos y luchas entre las prácticas de los nuevos usuarios y los actores dominantes del régimen. Así, los actores del régimen dominante pueden por un lado bloquear y resistirse a las innovaciones de nicho, o también pueden promoverlas si reorientan sus estrategias hacia soluciones híbridas, que combinen elementos del régimen dominante con las mejoras propuestas por las innovaciones de nicho.

El trabajo de Smith; Stirling; Berkhout, (2005) también plantea elementos interesantes de la relación entre la agencia y el poder para comprender las transiciones socio-técnicas. Para estos autores, la agencia en la transformación de los regímenes socio-técnicos es la capacidad de intervenir y alterar el equilibrio de las presiones de selección o la capacidad de adaptación. Esta actividad tiene lugar en un entorno social (régimen) y debe actuar a través de redes de actores e instituciones. La capacidad de transformar el régimen requiere del ejercicio del poder político, económico e institucional, y si esto no se logra, puede indicar una pérdida de poder.

Así, el poder puede facilitar la agencia, en el sentido que puede influenciar a los actores para que actúen de determinada manera frente a las presiones que sufre el régimen, y en consecuencia, permitan una determinada transición. Para que este tipo de transiciones ocurran, es necesaria la coordinación entre los actores en los diferentes niveles de análisis.

³² Para la Teoría Evolucionista, la Racionalidad Limitada significa que debido a que existe información incompleta e incerteza, los individuos “evolucionan, aprenden y se adaptan” y así, adquieren las capacidades necesarias que permiten cambiar determinadas estructuras y reglas que son consideradas como dadas. Por esta razón, actores de nicho pueden alcanzar suficiente fuerza para modificar el régimen socio-técnico establecido y hacer la transición hacia un nuevo régimen socio-técnico.

1.6.2. Operacionalización de los Regímenes

La segunda crítica se refiere a la operacionalización y especificación de los regímenes, puesto que para algunos autores no es totalmente claro como se aplican empíricamente los niveles conceptuales de la Perspectiva Multi-Nivel, que incluye tanto como Panorama Socio-Técnico, Régimen Socio-Técnico e Innovaciones de Nicho.

Geels (2011), considera que los niveles de análisis, son como su nombre lo indica, de carácter analítico, esto no significa que todos los casos empíricos deban seguir una serie de reglas para ser aplicados, todo depende de las características propias del objeto de análisis. Por ejemplo, para el caso del objeto de análisis de los buses de baja emisión, el régimen socio-técnico surge de una interacción del régimen de los sistemas de transporte (transporte individual y colectivo) con el régimen de los tipos de combustible de origen fósil (gasolina y diésel) y con el régimen de sistemas eléctricos, cuando se trata específicamente de buses eléctricos. Lo mismo aplica para la definición de innovaciones de nicho, no hay una única innovación de nicho, por el contrario y como se analizará en detalle en el Capítulo 4 hay un conjunto de innovaciones de nicho asociadas a los buses de baja emisión que pueden transformar el régimen socio-técnico dominante.

De esta manera, no hay una “receta” que deba ser necesariamente seguida para que un caso de estudio se considere como un análisis desde la Perspectiva Multi-Nivel. Esta Perspectiva en un marco analítico-conceptual que proporciona elementos para analizar los procesos de transiciones socio-técnicas e “invita al analista a investigar lo que está debajo de las actividades de los actores”, los cuales reproducen elementos del sistema a nivel de régimen, o plantean soluciones alternativas a nivel de innovaciones de nicho.

1.6.3 Sesgo en modelos *Bottom-Up*

La tercera crítica hace referencia a la tendencia de utilizar modelos de cambio de abajo hacia arriba (*bottom-up*), ya que muchos de los casos de estudio que utilizan la Perspectiva Multi-Nivel, se concentran en el surgimiento de las innovaciones de nicho y cómo consiguen transformar el régimen socio-técnico dominante.

Para contrarrestar este sesgo, el trabajo de Geels; Schot (2007), propone una tipología de transiciones socio-técnicas, las cuales fueron presentadas en detalle en el Cuadro 1.2: Proceso de Reproducción; Trayectoria de Transformación; Trayectoria de desalineación y realineación; Sustitución Tecnológica; Trayectorias de Reconfiguración y Cambios Disruptivos.

Esta tipología caracteriza diferentes tipos de interacción entre los diferentes niveles de análisis, los cuales tienen la misma importancia y pueden seguir trayectorias diferentes de acuerdo al *timing* y a la naturaleza de dichas interacciones. Así, los procesos de transición socio-técnico pueden ser tanto de abajo hacia arriba (*bottom-up*), como de arriba hacia abajo (*top-down*), o una combinación de los dos mecanismos. De hecho esta tipología también puede ser susceptible de nuevos abordajes que lleven a la proposición de nuevas tipologías asociadas al análisis de casos empíricos, como se pretende presentar en el capítulo 4 que explica el caso de la incorporación de buses de baja emisión en Brasil.

1.6.4 Heurística, epistemología y estilo explicativo

La cuarta crítica hace referencia a la heurística, epistemología y estilo explicativo asociado a la Perspectiva Multi-Nivel. Para Geels, (2007), la Perspectiva Multi-Nivel es un “teoría de rango medio”³³, lo que significa que aunque se basa en teorías ya consolidadas, intenta combinar diferentes conceptos para analizar temas particulares y utiliza casos concretos para entender y explicar la realidad, por lo cual es susceptible de refinamientos teóricos. Sin embargo, tampoco se puede permitir la abertura a todo tipo de ideas y teorías, porque se corre el riesgo de que la Perspectiva Multi-Nivel se desdibuje y pierda sus fundamentos básicos.

Esta crítica también está relacionada con lo planteado por Turnheim *et al.*, (2015) quienes afirman que debido a que los estudios de transición corresponden al análisis de casos de estudio, la definición de políticas se concentra en aspectos generales y específicos para el sector estudiado, y no en la configuración precisa de instrumentos de política para alcanzar ciertos objetivos ambientales.

³³ El concepto de Teorías de Rango Medio fue introducido por Merton (1968) en su libro “*Social Theory and Social Structure*” como una vía intermedia de análisis entre grandes teorías abstractas que proporcionan perspectivas generales o visiones del mundo y proposiciones empíricas y abstractas de un nivel inferior, las cuales se centran en la recopilación de datos y análisis estadísticos para encontrar las correlaciones entre las variables (GEELS, 2007).

En este sentido, esta Perspectiva no se puede considerar como una “máquina de la verdad” que funciona de manera automática. Por el contrario, es un marco analítico-conceptual que ayuda a los investigadores a pensar sobre los diferentes procesos de transición socio-técnica. Por esta razón puede considerarse un “dispositivo heurístico” en la medida que no le dice a los investigadores que hacer, sino que le enseña o le da unas bases para analizar, aprender y definir instrumentos de políticas para dar solución al problema objeto de estudio.

Otro aspecto asociado a esta crítica es que la Perspectiva Multi-Nivel tiene un estilo explicativo asociado a la utilización de narrativas históricas para describir los procesos de transición. La utilización de narrativas se justifica en la medida que pueden capturar interacciones complejas entre los actores, el contexto, los niveles de análisis y cómo suceden los diferentes acontecimientos que determinan e impulsan los procesos de transición. Es por esta razón que muchos de los casos de estudio analizados corresponden a la narración de hechos históricos de una “transición completa”, como el caso del paso de los carruajes tirados por caballos a los automóviles (1860-1930) (GEELS, 2005), de los barcos de vela a los barcos a vapor (1780-1900) (GEELS, 2002) y del proceso de transición de la aviación (1930-1979) (GEELS, 2006). El desafío está en utilizar las narrativas para analizar “transiciones en desarrollo” y no completamente consolidadas, como es el caso de las transiciones socio-técnicas de los buses de baja emisión en Brasil.

1.6.5 Metodología de la MLP

La quinta crítica hace referencia a la Metodología que utiliza la Perspectiva Multi-Nivel, principalmente al bajo nivel de confiabilidad de las fuentes de información que documentan los casos históricos de estudio. Esta crítica es aceptada por Geels (2011), quien justifica que la utilización de estas fuentes corresponde a una ilustración de los aspectos asociados a una transición, mas que a un riguroso estudio histórico. Para Geels (2011) “*la investigación de fenómenos complejos como las transiciones socio-técnicas no pueden reducirse a la aplicación de procedimientos metodológicos y contendrá siempre elementos de interpretación creativa*”. Esta afirmación abre así la oportunidad de plantear nuevas interpretaciones teóricas derivadas del análisis de casos de estudio particulares.

1.6.6 Panorama Socio-Técnico (*Landscape*) como categoría residual

La sexta crítica hace referencia a que el Panorama Socio-Técnico (*Socio-Technical Landscape*) es analizado como una categoría residual y se le da una importancia menor al caracterizarlo como factores estables que solo sufren modificaciones en el largo plazo. Geels (2011) acepta esta crítica y la toma como una sugerencia para refinar conceptualmente este nivel de análisis. En este sentido, Geels (2011) sugiere que el Panorama Socio-Técnico además de ejercer presión para transformar el Régimen y las Innovaciones de Nicho, también pueden contribuir a reforzar su estabilidad y demorar su proceso de transformación. Por ejemplo, el cambio climático puede ejercer presión para estimular los sistemas de transporte colectivo y al mismo tiempo, el crecimiento del nivel de ingresos puede fomentar y reforzar la compra de vehículos individuales. Además, el Panorama Socio-Técnico también puede ser susceptible de procesos de desestabilización, originados por transiciones a nivel de Régimen y de Innovaciones de Nicho.

1.6.7 Ontologías Planas vs. Niveles Jerárquicos

Finalmente, se hace una crítica asociada al carácter jerárquico de la Perspectiva Multi-Nivel, en el sentido de que identifica tres niveles de análisis: macro, meso y micro que supondrían cierta jerarquía, y de hecho así fue planteado en los primeros artículos que describían la Perspectiva Multi-Nivel. Ante esto, autores como Shove; Walker (2010), plantean que el análisis debe ser plano y caracterizarse por múltiples relaciones y no por niveles jerárquicos.

Para Geels (2011) no existe una jerarquía como tal, ningún nivel es más importante que otro, por el contrario, estos niveles indican distintos grados de estructuración de las prácticas locales, que se relacionan con las diferencias de escala y el número de actores que participan y reproducen los regímenes y las innovaciones de nicho. En este sentido acepta la crítica y desconsidera el uso de la jerarquía en la Perspectiva Multi-Nivel.

1.6.8 Sesgo de aplicación de la MLP en países desarrollados

Finalmente, para Markard; Raven; Truffer, (2012), también hay un cierto sesgo de aplicación de los estudios de transición en países desarrollados, especialmente europeos, lo cual se relaciona con el origen de sus principales autores, tal como se presentó en la sección anterior. Para superar esta crítica el número de trabajos y artículos que abordan casos de

estudios en países en vías de desarrollo, ha comenzado a crecer. Un ejemplo de esto es la Edición Especial del 2018 de la Revista “*Environmental Science and Policy*” titulada “*Sustainability transitions in developing countries*”, la cual presenta artículos académicos que analizan casos de estudio en países en vías de desarrollo y que resaltan la necesidad de analizar las transiciones hacia la sostenibilidad de acuerdo a las condiciones y contextos socio-económicos, políticos, históricos y culturales específicos.

Además, la Red de Investigación *Sustainable Transitions Research Network* (STRN), consciente de la importancia de analizar las características de las Transiciones hacia la Sustentabilidad en países que no hacen parte de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), creó un grupo de estudios temático enfocado en analizar las Transiciones en países emergentes y en vías de desarrollo, donde se comparten casos de estudio y se debate sobre sus particularidades e importancia para la proposición de nuevos refinamientos teóricos y conceptuales (STRN, 2018).

Este grupo de trabajo es liderado por la profesora Anna Wieczorek, quien ha sido fundamental para entender las características de las transiciones hacia la sustentabilidad en países en desarrollo. Wieczorek (2018), analiza 115 artículos relacionados con Transiciones hacia la Sustentabilidad y sus aplicaciones en países en vías de desarrollo. Sus principales conclusiones apuntan a que en este tipo de países, los niveles de análisis de la Perspectiva Multi-Nivel (Panorama, Régimen e Innovaciones de Nicho) tienen características particulares que no se enmarcan en la conceptualización hecha por sus autores pioneros.

En los casos de estudio analizados por Wieczorek (2018), los Regímenes Socio-Técnicos son menos uniformes y estables y los actores de nicho pueden ejercer una presión directa sobre el Panorama Socio-Técnico. Además, los regímenes no siempre están vinculados a una configuración tecnológica específica, sino que incorporan diferentes tecnologías que pueden satisfacer la misma necesidad. En muchos casos, los regímenes dominantes conviven con nuevas configuraciones socio-técnicas.

En el caso de los experimentos de sostenibilidad en países en desarrollo, estos se desarrollan en condiciones de alta incertidumbre y ambigüedad y con un interés en la innovación por y para las personas de bajos ingresos. Las preocupaciones inmediatas están relacionadas sobre las desigualdades sociales y la falta de acceso a servicios básicos (saneamiento o educación) y de infraestructura básica, mas que en desafíos ambientales. Esto indica que la dependencia de la trayectoria (*path-dependence*), está asociada a un pasado

colonial que genera barreras para las transiciones hacia la sostenibilidad.

Sin embargo, la ausencia de una infraestructura consolidada (energía, medios de transporte, carreteras), genera una oportunidad para crear y configurar una infraestructura con características sustentables. Esto es especialmente importantes para países importadores de petróleo que podrían pensar en reducir su dependencia energética a través de la implementación de energías renovables.

En el análisis hecho por Wieczorek (2018), los regímenes y los actores especializados están cada vez más conectados a nivel transnacional, lo que permite que haya flujos de tecnología, capital y conocimiento. En este sentido, es importante aprovechar estos vínculos para realizar procesos de transferencia tecnológica y acceder a recursos y financiación extranjera para estimular innovaciones de nicho sustentables.

En este sentido, la Perspectiva Multi-Nivel, continua siendo útil en países en desarrollo, pero se debe ser muy cauteloso en entender las características específicas del contexto, del poder de los actores y de las instituciones locales. Así, políticas sustentables que pudieron ser exitosas en países desarrollados, pueden no tener la misma efectividad en países en desarrollo, por lo cual no es posible aplicar la misma “receta” para todos los casos.

1.6.9 Falta de Perspectiva Territorial

Autores como Coenen; Benneworth; Truffer, (2012); Hansen; Coenen, (2015); Truffer; Coenen, (2012); Truffer; Murphy; Raven, (2015); Hodson; Marvin, (2011) argumentan que los Estudios de Transición, han descuidado la perspectiva territorial relacionada al lugar donde se producen las transiciones, las configuraciones espaciales y la dinámica de las redes dentro de las cuales evolucionan las transiciones.

El trabajo de estos autores ha abierto el análisis de una nueva línea de investigación dentro de los Estudios de Transición que ha sido denominada como Geografía de las Transiciones hacia la Sustentabilidad (*Geography of Sustainability Transitions*), la cual tiene diferentes temas de estudio: Visiones y políticas urbanas y regionales; Instituciones locales informales; Dotaciones locales de recursos naturales; Especialización tecnológica e industrial local; Consumidores y formación del mercado local, entre otros (HANSEN; COENEN, 2015). De hecho, el tema de la Geografía de las Transiciones hacia la Sustentabilidad hace parte de la agenda de investigación de la Red STRN, la cual es líder

internacional en la temática de transiciones.

A pesar de que muchos de los casos de estudio analizados a través de la Perspectiva Multi-Nivel son de carácter histórico, donde el contexto local es importante, se ha prestado poca atención al análisis territorial para entender los impactos (positivos y negativos) que un lugar o territorio ejercen en el éxito o fracaso de un proceso de transición. Las transiciones hacia la sustentabilidad son procesos geográficos que ocurren en ubicaciones geográficas reales, las cuales pueden ir desde una pequeña ciudad, hasta un continente, y que tienen particularidades y especificidades únicas (HANSEN; COENEN, 2015).

La Perspectiva Multi-Nivel asume que los regímenes socio-técnicos generalmente están representados en una escala nacional, las innovaciones de nicho en una escala sub-nacional o local y los factores externos asociados al Panorama Socio-Técnico son de carácter global. Sin embargo, esta representación territorial de los niveles de análisis no necesariamente debe ser la regla. Raven; Schot; Berkhout, (2012) argumentan que los regímenes no solo pueden estar definidos dentro las fronteras nacionales, sino que pueden abarcar escalas locales, regionales y globales a través de las relaciones entre los actores e instituciones, que pueden reforzar o desestabilizar el régimen. De manera similar, las innovaciones de nicho, no solo son de carácter local o sub-nacional, ya que estas también pueden tener escala global.

Como respuesta a la ausencia de un análisis territorial de los Estudios de Transición, el trabajo de Marx et al., (2014), realiza una comparación de las diferentes estrategias de movilidad urbana asumidas por dos empresas de la industria automovilística: Daimler y MAN-Volkswagen y su aplicación en dos países: Alemania y Brasil. Las conclusiones de este trabajo son interesantes ya que demuestran que las diferencias del territorio y del contexto socio-económico entre un país desarrollado y un país en desarrollo, son fundamentales para definir la estrategia de las empresas. Una misma empresa, puede comportarse de manera diferente frente a un objetivo específico (en este caso de movilidad), de acuerdo al contexto socio-espacial, el grado de presión de las políticas ambientales, la gobernanza entre los grupos de actores, el nivel de desarrollo de la infraestructura y el mercado objetivo que quiere alcanzar. En este sentido, las particularidades de cada contexto son definitivos para entender las diferentes posibilidades o caminos que puede tener un proceso de transición socio-técnica.

Con respecto a las transiciones urbanas (*Urban Transitions*), cuyo objeto de estudio son las ciudades, la Perspectiva Multi-Nivel no es explícita en el análisis del rol de las ciudades en los procesos de transición socio-técnica hacia sistemas más sustentables. Las ciudades son importantes por ser lugares de intensa actividad económica y porque la mayoría de la población mundial habita en ellas, lo que tiene un impacto negativo en el consumo de energía, calidad del aire, movilidad, presión sobre los recursos naturales y en el aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero.

De acuerdo con el informe del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, en el año 2018, el 55% de las personas en el mundo vive en las ciudades y se espera que para el año 2050, este porcentaje aumente para el 68% (UN DESA, 2018). Esta situación tiene como consecuencia que “*las ciudades sean responsables del 70% de las emisiones globales de CO₂*” (UN-HABITAT, 2016).

En este sentido, las ciudades tienen un gran potencial para enfrentar el cambio climático y para transformar los sistemas locales (por ejemplo de energía, transporte y movilidad), a través de la implementación focalizada, las cuales no necesariamente están alineadas a un contexto nacional. Por esta razón, es necesaria una adecuada gestión y planeación territorial por parte de las ciudades, que incluye entre otros, procesos de transición socio-técnica hacia una movilidad urbana sostenible.

Algunos argumentos que justifican la importancia de analizar las ciudades como actores claves para las transiciones hacia la sostenibilidad son (EEA, 2018; HOLTZ et al., 2018; KUOKKANEN; YAZAR, 2018):

- Las ciudades concentran cada vez más el poder y los recursos disponibles, y son fuente de demanda de bienes y servicios (que pueden ser ambientalmente específicos), convirtiéndose así en actores centrales no solo para las transiciones locales, sino también para transiciones socio-técnicas a escala transnacional.
- Las ciudades proporcionan condiciones especiales y espacios de incubación natural de nichos, proyectos demostrativos y experimentos, que permiten aprender sobre diferentes innovaciones de nicho sustentables y contribuir a la reconfiguración de los regímenes existentes.
- La escala de la ciudad puede proporcionar una visión de la dinámica entre la ciudad y los regímenes nacionales en relación con las presiones del paisaje.

- Las áreas urbanas son lugares donde el cambio de régimen se logra a través de cambios en la infraestructura, las instituciones, la producción y el comportamiento del consumidor dentro de los límites del área urbana.
- En las áreas urbanas se pueden coordinar e integrar desarrollos conjuntos en diferentes sectores que pueden generar múltiples transiciones hacia la sustentabilidad.

Así, las ciudades y específicamente los gobiernos locales son fundamentales para liderar y gestionar procesos de transición, porque pueden comprender mejor, informar y orientar a los habitantes locales y empresas para alcanzar los objetivos de la sustentabilidad (VAGNONI; MORADI, 2018). Además, los gobiernos locales tienen toda la autonomía para definir instrumentos de política pública para el fomento de la sustentabilidad, que incluyen entre otros, una movilidad de bajo carbono.

Entendiendo la importancia del papel de las ciudades en los procesos de transición de bajo carbono, el libro *“Cities and Low Carbon Transitions”* de Bulkeley et al., (2011), presenta un conjunto de trabajos relacionados con la comprensión de cómo ocurren los procesos de transición socio-técnica al interior de las ciudades. En este libro, Geels (2011b) elabora un capítulo titulado *“The role of the cities in Technological Transitions”*, donde plantea diferentes argumentos para responder a las críticas hechas a la MLP sobre la ausencia de análisis del territorio y específicamente del papel de las ciudades. Geels (2011b) argumenta que la ciudad puede desempeñar tres roles en los procesos de transición: i) ciudades y gobiernos locales como actores principales de las transiciones nacionales; ii) ciudades como semilleros de transiciones nacionales; iii) ciudades con funciones limitadas.

El primer caso de las ciudades como actores principales, ocurre cuando los sistemas o regímenes nacionales, son una colección de sistemas urbanos o locales, donde los gobiernos municipales son fundamentales para la organización y gestión de estos sistemas. Este es el caso de los sistemas de transporte público colectivo, y de la movilidad urbana en general, la cual generalmente es organizada y gestionada por los gobiernos locales (GEELS, 2011b).

De acuerdo con Geels (2011b), este caso es contemplado por la Perspectiva Multi-Nivel, cuando argumenta que tanto las innovaciones de nicho, como los regímenes, son reproducidos por actores que están situados en prácticas locales, las cuales pueden suceder en diferentes ciudades o localidades. Sin embargo, a pesar de que algunas innovaciones de nicho

puedan surgir esporádicamente en alguna ciudad específica, en algún momento pueden requerir de un apoyo de carácter nacional, a través de la definición de políticas públicas y/o regulaciones nacionales, para que la innovación de nicho, pueda consolidarse como un diseño dominante.

El segundo caso donde las ciudades se consideran como semilleros iniciales para las transiciones, establece que los procesos de transición pueden comenzar en ciudades de gran representatividad a través de proyectos de demostración, los cuales posteriormente se pueden replicar a escala nacional, creando un infraestructura más grande. En este caso, las ciudades juegan un papel muy importante en las primeras fases de la transición, pero en la fase de expansión, este papel es desempeñado por actores nacionales.

Por ejemplo, las ciudades pueden establecer, zonas de baja emisión exclusivas para el uso de transporte eléctrico y transporte activo, pero para que esta iniciativa tome un carácter nacional, necesitaría del apoyo de una infraestructura nacional de sistemas de recarga para vehículos eléctricos, en la cual necesariamente deben participar actores de carácter nacional.

En este contexto, también se debe considerar que políticas urbanas y regionales de bajo carbono pueden adelantarse a regulaciones nacionales o supranacionales, lo que refuerza el argumento de que las vías de transición hacia la sustentabilidad se desarrollan de una manera geográficamente desigual (HANSEN; COENEN, 2015).

Finalmente, el tercer caso que considera que las ciudades juegan un papel limitado, sucede cuando los gobiernos y actores de carácter nacional son muy poderosos y ya están establecidos, por lo cual, la autonomía que puede tener una ciudad es mínima.

En este mismo libro, Hodson; Marvin (2011) elaboran un capítulo titulado “*Can cities shape socio-technical Transitions and how would we know if they were?*” donde plantean que las ciudades no solo son espacios que reciben las transiciones nacionales y luego las implementan. Por el contrario, las ciudades son agentes activos que lideran intencionalmente procesos de transición a escala local y que incluso pueden impulsar transiciones a escala nacional.

En sentido, también es importante comprender cómo es la agencia a nivel de la ciudad, cómo es la gobernanza entre los actores locales y cómo estos interactúan a su vez con actores nacionales e incluso supranacionales. Hodson; Marvin (2011) plantean el concepto de gobernanza urbana, la cual está relacionada con los responsables de la formulación de

políticas locales y cómo esta gobernanza puede influir en la reconfiguración de los regímenes socio-técnicos dominantes, los cuales tienen un alcance que va más allá del territorio de las ciudades.

Esta gobernanza también debe incluir una amplia variedad de actores de ideas, que incluso pueden surgir por fuera de las administraciones locales (WITTMAYER; ROORDA; STEENBERGEN, 2014). Este aspecto de la gobernanza entre los actores locales va a ser analizado en detalle en el capítulo que corresponde al caso de la ciudad de São Paulo.

De esta manera, aunque en un primer momento los estudios de transición descuidaron la importancia del papel de los territorios en los procesos de transición, lo que quedó evidenciado en los primeros trabajos históricos con un enfoque nacional, recientemente, el número de estudios sobre ciudades ha aumentado considerablemente.

1.7 Consideraciones finales del capítulo

Los Estudios de Transiciones hacia la Sustentabilidad han evolucionado rápidamente en los últimos 20 años y se han convertido en un campo multidisciplinario que tiene como objetivo entender grandes desafíos y problemas asociados con los procesos de transición de sistemas socio-técnicos asociados a las funciones básicas para la sociedad como transporte, movilidad, vivienda, energías alternativas, entre otras.

Como parte de los Estudios de Transición, este capítulo detalló las principales características de la Perspectiva Multi-Nivel, la cual surge como un marco analítico-conceptual de carácter multidisciplinar y que combina diferentes conceptos de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología y las Teorías Evolucionaria y de Cambio Técnico, entre otras.

La Perspectiva Multi-Nivel no es una teoría consolidada, por el contrario es considerada por el mismo Geels (2007b), como una “teoría de rango medio” que utiliza conceptos de grandes teorías y los aplica a casos empíricos para comprender de manera más clara la realidad. En este sentido, es un marco analítico-conceptual que está en proceso de construcción y abierto a refinamientos teóricos que puedan contribuir a superar en parte, las críticas relacionadas a falta de agencia, operacionalización, estilo explicativo, metodología, falta de análisis de perspectiva territorial, sesgo de aplicación en países europeos, entre otros.

Esta característica más que una debilidad, se convierte en una oportunidad interesante para sugerir nuevos elementos, a partir del análisis del caso de estudio de la transición socio-técnica de los buses de baja emisión, donde la interpretación creativa es

clave, especialmente debido a las características propias de países en vías desarrollo como Brasil. Por lo tanto, un enfoque territorial de las transiciones podría ayudar a entender por qué las características de los nichos y la interacción de los actores en los diferentes niveles, son particulares de acuerdo al lugar donde se desarrollan.

En este sentido, el proceso de transición de buses de baja emisión en Brasil, puede ser muy diferente si se compara con países europeos, dadas las características propias de los territorios, al grado de interacción y gobernanza entre los actores y las instituciones y a las luchas y conflictos que se generan entre ellos. Además, al analizar el caso de la Licitación de Transporte Público en el Municipio de São Paulo, se hará un énfasis importante al papel que cumple la ciudad y las políticas locales para el estímulo o bloqueo de transiciones hacia la sustentabilidad de sistemas asociados a la energía, movilidad, transporte entre otros. Estas características requieren una operacionalización diferente de las categorías de análisis asociadas a la Perspectiva Multi-Nivel.

Así, el desafío que se plantea con la aplicación de la Perspectiva Multi-Nivel para el caso de estudio del proceso de transición de los buses de baja-emisión en Brasil es interesante, ya que permitirá describir el proceso de una transición “en curso” haciendo especial énfasis a las incertidumbres de este proceso, al papel y a la gobernanza de los actores, a las oportunidades y dificultades asociadas a la posible implementación de diferentes innovaciones de nicho sustentables. También permitirá entender si efectivamente hay un proceso de co-evolución entre aspectos políticos, económicos, ambientales, de infraestructura, culturales y sociales. Se espera que el análisis de este caso de estudio contribuya a fortalecer el impacto académico de los estudios de transición y su aplicación a países latinoamericanos como Brasil.

CAPÍTULO 2 . SISTEMA SOCIO-TÉCNICO DE LA MOVILIDAD URBANA: FACTORES ASOCIADOS AL PANORAMA SOCIO TÉCNICO (*LANDSCAPE*)

2.1 Introducción

El presente capítulo explora las principales características asociadas al Sistema Socio-Técnico de la Movilidad Urbana y al nivel de análisis del contexto externo: Panorama Socio-Técnico (*Socio-Technical Landscape*).

En la primera parte del capítulo se presenta la caracterización del Sistema Socio-Técnico de la Movilidad Urbana, donde se identifican los diferentes conjuntos de regímenes socio-técnicos (*patchwork of regimes*) asociados a la movilidad urbana y sus respectivas innovaciones de nicho (*niche innovations*).

En la segunda parte, se detallan las características del Panorama Socio-Técnico que ejercen influencia, tanto en los regímenes dominantes de la movilidad urbana, como en las innovaciones de nicho, específicamente los buses de baja emisión. Se identificaron factores a escala mundial de carácter social, cultural, ambientales, económicos, industriales y tecnológicos y cómo son abordados a nivel nacional a través de diferentes políticas y programas.

Finalmente, se presentan las conclusiones del capítulo donde se identifica el grado de presión de los factores del Panorama Socio-Técnico para el caso de Brasil, cuya influencia determina las principales motivaciones para promover una transición hacia una movilidad de bajo carbono.

2.2 Sistema Socio-Técnico de la Movilidad Urbana

Tal como fue presentado en el capítulo teórico, un Sistema Socio-Técnico consiste en un conjunto de redes de actores e instituciones, artefactos, conocimiento, trabajo, recursos naturales, infraestructura, y significado cultural, que se articulan entre sí para cumplir determinada función básica para la sociedad (GEELS, 2004a).

En este trabajo, la Movilidad Urbana es la función social (*societal function*) objeto de análisis, cuyo Sistema Socio-Técnico está compuesto por una serie de actores y elementos asociados a una configuración que privilegia el vehículo individual y el uso de combustibles fósiles. En la siguiente figura se representa el Sistema Socio-Técnico de la Movilidad Urbana y posteriormente se describen sus elementos.

Figura 2.1 Sistema Socio-Técnico de la Movilidad Urbana



Fuente: Elaboración propia a partir de (GEELS, 2005b).

El Sistema Socio-Técnico de la Movilidad Urbana entendida como los desplazamientos de las personas³⁴ desde su origen hasta su destino y que se realizan dentro de una ciudad, analiza tres tipos de artefactos socio-técnicos relacionados con el tipo de modal: vehículos individuales (carros, taxis, motos), transporte público colectivo (buses, metro, tren) y transporte activo (bicicletas, movilidad a pie).

³⁴ Aunque el transporte de mercancías (camiones, vehículos de logística) también hace parte de la movilidad dentro de una ciudad, no se considera su análisis porque requiere consideraciones particulares que van más allá del alcance de esta investigación.

Esta configuración socio-técnica está conformada por un sistema de producción y una estructura industrial consolidada a nivel internacional, liderada por grandes empresas automovilísticas. De hecho, la industria automovilística es una de las más importantes del mundo y es considerada como estratégica en muchas economías debido a su impacto en la generación de empleo, producción industrial y desarrollo tecnológico. Por más de un siglo, esta industria ha sido fuente de innovaciones que transformaron radicalmente los procesos de fabricación en diversos sectores económicos.

Aunque los primeros automóviles y tranvías fabricados a mediados del Siglo XIX utilizaron energía eléctrica y eran considerados como una opción limpia y silenciosa para reemplazar al transporte con caballos, diferentes factores de carácter económico, tecnológico y social, privilegiaron la expansión y el dominio de los vehículos con MCI que utilizan combustibles fósiles³⁵, cuya configuración socio-técnica continua siendo dominante (GEELS, 2005b).

De acuerdo con Wells; Nieuwenhuis; Orsato, (2012), la configuración socio-técnica dominante de los vehículos con MCI es reforzada por tres elementos: i) Fabricación y ensamblaje en masa de los motores de combustión interna y de sus principales componentes del vehículo; ii) Fabricación en masa, ensamblaje y pintura de las carrocerías de los vehículos; iii) Sistemas y conceptos operacionales de negocios que permiten llevar estos elementos producidos en masa al mercado.

Esta configuración es apoyada por una infraestructura consolidada de abastecimiento de combustibles fósiles, liderada por empresas petroleras y por una infraestructura vial que privilegia el uso de vehículos y que orientan la planificación urbana, principalmente en las grandes ciudades. Además, existe una red empresas de autopartes y de servicios de mantenimiento y reparación enfocadas específicamente en vehículos con MCI.

Un componente importante de esta configuración es el significado cultural que tienen los vehículos individuales. Desde que los vehículos individuales se tornaron accesibles para gran parte de la población, la movilidad personal se ha expandido rápidamente y se torna como un elemento de confort, autonomía, libertad y hasta de éxito personal (GEELS et al., 2012). El vehículo individual continua siendo el sistema dominante de la movilidad urbana,

³⁵ El artículo de GEELS, (2005b) "*The dynamics of transitions in socio-technical systems: a multi-level analysis of the Transitions pathway from horse-drawn carriages to automobiles (1860-1930)*" explora en detalle el proceso de transición del transporte con caballos para los vehículos con MCI. Dentro de los factores clave para este proceso de transición, se destaca el Modelo T de Henry Ford el cual permitió la creación de economías de escala en la producción de automóviles y estimuló la consolidación de un diseño dominante para la industria automovilística.

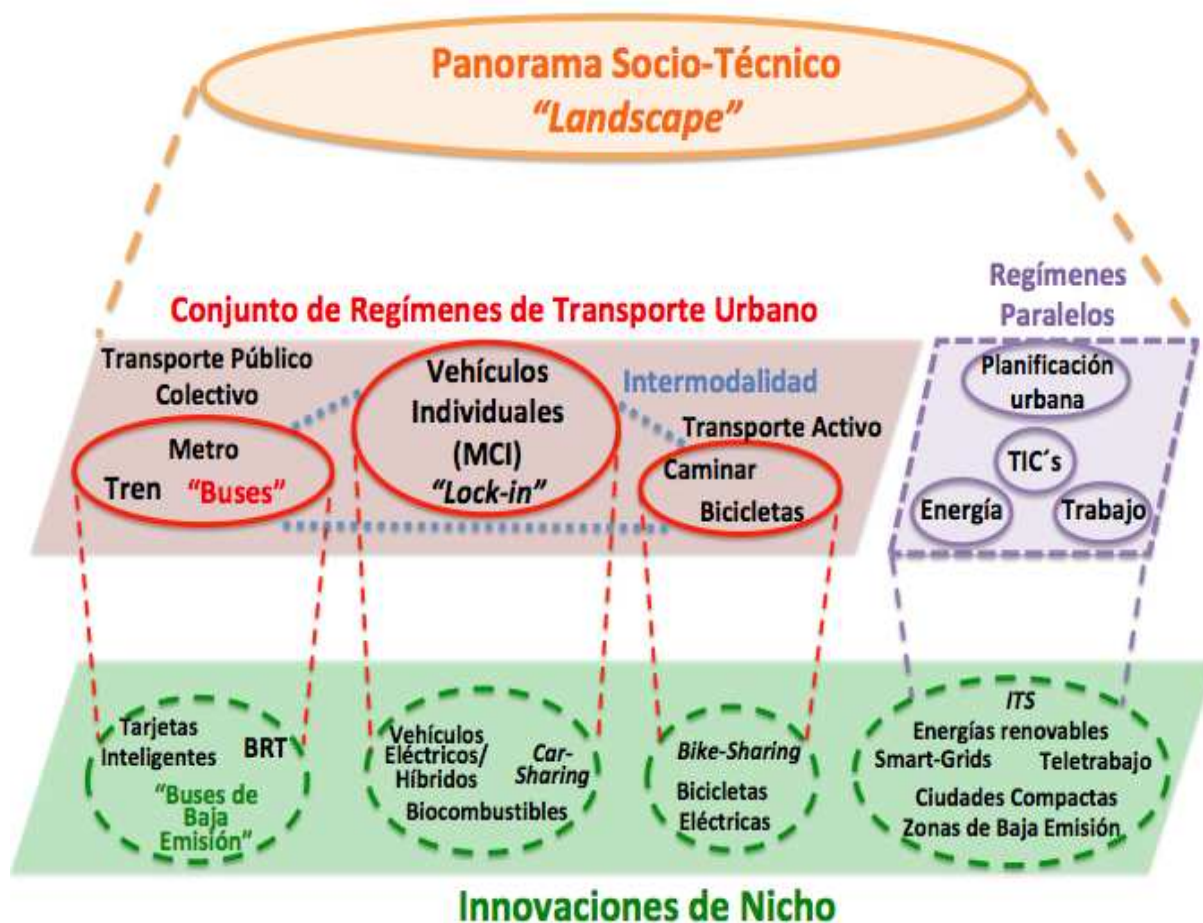
no solo por su participación en el mercado (más del 80% de los desplazamientos totales en todos los países desarrollados), sino también por el apoyo de la industria automovilística y de las compañías petroleras que tienen una gran influencia en las instituciones y la sociedad en su conjunto (MARLETTO, 2014).

Todos estos elementos generan un ciclo de retroalimentación positiva entre los consumidores y los fabricantes de vehículos, que también es apoyado por un mercado financiero que facilita la compra y la financiación de los vehículos individuales y por un conjunto de políticas y regulaciones que privilegian a los vehículos individuales.

En este sentido promover mudanzas en esta configuración socio-técnica dominante y avanzar hacia una transición de una movilidad de bajo carbono, no es una tarea fácil, ya que implica transformaciones económicas, industriales, políticas, ambientales, científicas, tecnológicas, sociales y culturales, y la participación de actores con diferentes grados de poder, cuya agencia puede promover o crear resistencias frente a un proceso de transición.

Desde el enfoque de la Perspectiva Multi-Nivel, este proceso de transición puede ser entendido a partir de la interacción de tres niveles de análisis: Panorama Socio Técnico, Régimen Socio-Técnico e Innovaciones de Nicho. En la siguiente figura se representan el conjunto de regímenes socio-técnicos y sus innovaciones de nicho asociadas, las cuales serán analizadas en detalle en las próximas secciones.

Figura 2.2. Niveles de análisis asociados a la Movilidad Urbana



Fuente: Elaboración propia a partir de (Banister, 2008; Dijk; Orsato; Kemp, 2013; Geels, 2002, 2012, 2018a).

El Régimen Socio-Técnico de la Movilidad Urbana está compuesto por un conjunto de regímenes asociados al transporte urbano de personas: vehículos individuales privados (carros, taxis, motos), transporte público colectivo (buses, metro, tren) y sistemas no-motorizados que son conocidos como transporte activo (bicicleta, movilidad a pie). El "régimen dominante" de la movilidad urbana son los vehículos individuales y el transporte público colectivo y el transporte activo son considerados "regímenes subalternos" a este régimen dominante, ya que ocupan una parte del porcentaje total de la movilidad en términos de pasajeros transportados por kilómetros (GEELS, 2012).

Tal como se explicó en la configuración socio-técnica de la movilidad urbana, el régimen dominante son los vehículos individuales con MCI que utilizan combustibles fósiles. Este régimen dominante genera un *lock-in* del complejo técnico-institucional que implica que hay muchas fuerzas e interacciones entre sistemas tecnológicos e instituciones que dificultan el cambio para nuevos patrones. Además, la infraestructura tecnológica e institucional

promueve la adopción de determinada tecnología, en este caso los vehículos con MCI. Este *lock-in* crea mercados persistentes y fallas en la política que inhiben la difusión de tecnologías de bajo carbono, a pesar de sus ventajas económicas y ambientales (ÅHMAN, 2006).

El conjunto de regímenes de transporte urbano es complementado por una serie de regímenes paralelos como la energía, la planificación urbana, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) y el trabajo³⁶. Esto significa que el régimen socio-técnico de la movilidad urbana no es estático ni cerrado, por el contrario, es influenciado por otros regímenes (no asociados directamente al transporte), que también pueden afectar la demanda de movilidad ya que respaldan otras prácticas sociales como el ocio, los desplazamientos al trabajo, los viajes de negocios, entre otros (GEELS, 2018a).

Para cada conjunto de regímenes, existe una serie de innovaciones de nicho asociadas que pueden estimular procesos de transición hacia una movilidad de bajo carbono. Tal como fue presentado en el Cuadro 1: “Iniciativas o innovaciones de nicho que contribuyen a una transición hacia una movilidad de bajo carbono”, estas innovaciones pueden ocurrir incluso dentro del régimen a través de la promoción de viajes intermodales que integren los diferentes modos de transporte en el mismo viaje.

Para el régimen dominante de los vehículos individuales existen innovaciones de nicho (tecnológicas y no tecnológicas) asociadas a la implementación de vehículos eléctricos y/o híbridos, uso de combustibles alternativos como los biocombustibles y sistemas de vehículos compartidos (*car-sharing*). En esta misma línea, para el caso de las bicicletas, algunas innovaciones están relacionadas con las bicicletas eléctricas y con el sistema de bicicletas compartidas (*bike-sharing*) como una alternativa para reducir la emisión de contaminantes generados por los vehículos con MCI.

En relación al Régimen de Transporte Público Colectivo, el uso de tarjetas inteligentes puede ser interesante para promover la integración entre los diferentes modos de transporte. Para el caso específico de los buses, un gran porcentaje de los mismos es movido a diésel, lo que genera un fuerte impacto en la calidad del aire de las grandes ciudades. En este sentido los buses de baja emisión, son una innovación de nicho que puede contribuir a la reducción de emisiones, y como ya fue explicado, este nicho constituye el principal objeto de estudio de esta investigación. Una innovación complementaria a los buses de baja emisión, es

³⁶ Se incluyó en régimen paralelo del trabajo, ya que está asociado a prácticas que implican el desplazamiento diario al lugar de trabajo y en horarios previamente establecidos, que aumentan la demanda de movilidad y generan congestionamientos mayores en determinadas horas del día.

la implementación de sistemas de carriles exclusivos, conocidos como BRT (*Bus Rapid Transit*), cuyo objetivo principal es priorizar el transporte público colectivo frente al transporte individual.

Las innovaciones de nicho asociadas a los regímenes paralelos de trabajo, planificación urbana, TIC's y energía, también son importantes para acompañar el proceso de transición hacia una movilidad de bajo carbono. Innovaciones de carácter socio-espacial como ciudades compactas, el desarrollo orientado al tránsito y las Zonas de Baja Emisión, pueden estimular un diseño urbanístico que reduzca el tiempo y la distancia de los viajes. Otro tipo de prácticas o innovaciones que se pueden implementar para reducir la necesidad de realizar viajes son el Teletrabajo el comercio electrónico (*e-commerce*), los cuales son estimulados por la difusión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) y por la implementación de Sistemas de Transporte Inteligente (*Intelligent Transportation System ITS*).

En relación al régimen de la energía, este cobra un papel fundamental, principalmente como estímulo a la movilidad eléctrica en los diferentes segmentos: vehículos individuales, pesados y levísimos (bicicletas, *scooters*). Algunas innovaciones están relacionadas con el uso de energías renovables no tradicionales como la energía eólica y la energía solar-fotovoltaica y la implementación de *smart-grids* o redes inteligentes³⁷ (DIJK; ORSATO; KEMP, 2013).

Tanto para el Régimen Socio-Técnico de la Movilidad Urbana, como para las innovaciones de nicho asociadas, existen una serie de factores de carácter exógeno, que ejercen influencia y estimulan procesos de transición hacia una movilidad de bajo carbono. Estos elementos constituyen el denominado Panorama Socio-Técnico (*Socio-Technical Landscape*), los cuales se describen detalladamente en la siguiente sección.

³⁷ Las *smart-grids* o redes inteligentes incorporan Tecnologías de la Información y la Comunicación en los aspectos de generación y distribución de electricidad, suministro y consumo con el objetivo de minimizar el impacto ambiental, mejorar el servicio de energía, crear nuevos mercados (vehículos eléctricos, casas o edificios inteligentes), aumentar la eficiencia energética y reducir los costos (EL-HAWARY, 2014).

2.3 Panorama Socio-Técnico de la Movilidad Urbana de Bajo Carbono

Siguiendo el análisis de Driel; Schot, (2005); Geels, (2002, 2012); Geels et al., (2012); Moradi; Vagnoni, (2018), existen factores heterogéneos asociados a las transformaciones de largo plazo que ejercen una influencia generalizada en los sistemas socio-técnicos dominantes y en las innovaciones de nicho. Estos factores están asociados al Panorama Socio-Técnico (*Socio-Technical Landscape*) que es considerado como un contexto exógeno constituido por aspectos de carácter político, ambiental, económico, tecnológico, social y cultural.

Los factores asociados al Panorama Socio-Técnico, pueden estabilizar o desestabilizar regímenes, e impulsar o frenar el desarrollo de innovaciones de nicho. La dinámica del cambio de estos elementos puede ser de largo plazo o partir de choques no predecibles con facilidad que afectan la configuración socio-técnica dominante.

Considerando la heterogeneidad de estos aspectos y el nivel de influencia que pueden ejercer sobre los regímenes dominantes de la movilidad urbana y en las innovaciones de nicho, principalmente las relacionadas con la incorporación de los buses de baja emisión, esta sección analiza los principales elementos asociados al Panorama Socio-Técnico.

Estos elementos fueron agrupados en siete temáticas principales: i) Urbanización; ii) Cambio Climático; iii) Seguridad Energética y Biocombustibles; iv) Calidad del Aire y su impacto en la salud pública; v) Eficiencia Energética; vi) Re-direccionamiento estratégico de la Industria Automovilística y el *Diesel Gate*; vii) Reducción de los costos de las baterías litio-ion para vehículos eléctricos. En el siguiente cuadro se presenta la agrupación de estas temáticas en factores sociales, ambientales, económicos, industriales y tecnológicos, y las políticas y programas identificados para Brasil, los cuales serán discutidos en detalle en las siguientes secciones. Es importante resaltar que si bien se realizó una agrupación por factores y temáticas, algunos de las políticas identificadas para Brasil, pueden ser transversales. Por ejemplo, el desarrollo de los motores *flex-fuel* que hace parte de factores económicos, relacionados con la seguridad energética, también es considerado como un factor de carácter industrial y tecnológico al generar desarrollos de capacidades locales específicas al contexto de Brasil, en relación al uso de biocombustibles.

Cuadro 2.1 Factores, políticas y programas asociados al Panorama Socio-Técnico

Factores y temáticas	Políticas y programas identificados para Brasil
Factores sociales y culturales: Urbanización Impacto en la salud pública por la calidad del aire	<i>Estatuto da Cidade</i> (2011) Objetivos de Desarrollo Sustentable (Objetivo 11) (2015) Padrones de Calidad del Aire OMS (2005)
Factores ambientales: Cambio Climático Calidad del Aire	Acuerdo de París (COP-21) (2015) <i>Política Nacional sobre Mudança do Clima</i> (PNMC) (2009) Contribuciones Nacionalmente Determinadas NDC (2016) <i>Fundo Clima</i> (2009) <i>Plano Nacional de Adaptação</i> (PNA) (2016) <i>Plano Setorial de Transporte e Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança Climática</i> (PSTM) (2010) Padrones de Calidad del Aire OMS (2005) Guías de Calidad del Aire CONAMA (1990) (2018, actualización) Normas EURO (1992) (Euro VI, 2014) <i>Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores</i> PROCONVE (1986) (2018, actualización Fase P-8)
Factores económicos: Seguridad Energética y Biocombustibles	<i>Programa Nacional de Álcool “Proálcool”</i> (1975) Motores Flex-Fuel (2003) <i>Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel</i> (2005) RenovaBio (2017) <i>Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Energias Renováveis e Biocombustíveis</i> (2018-2022)
Factores industriales (industria automovilística): Eficiencia energética Re-direccionamiento estratégico de la industria automovilística <i>Diesel Gate</i>	Normas CAFE (1975) Motores Flex-Fuel (2003) Directiva Europea (<i>European Commission</i>) (2009) <i>Programa Inovar-Auto</i> (2012-2017) <i>Paris Declaration on Electromobility and Climate Change & Call to Action</i> (2015) <i>Diesel Gate</i> (2015) <i>C40 Fossil-Fuel-Free Street Declaration</i> (2017) <i>Programa Rota 2030-Mobilidade e Logística</i> (2018-2030)
Factores tecnológicos: Disminución del precio de las baterías para VE	Políticas internacionales: <i>Advanced Technology Manufacturing Loan Program</i> (EE.UU); <i>New Sunshine Program</i> (Japón); <i>863 Program</i> (China); <i>Lithium-Ion Battery</i> (Alemania); <i>Program for Environmental Friendly Vehicles</i> (Francia).

Fuente: Elaboración propia.

2.3.1 Urbanización

Un factor social y cultural de carácter mundial que está presionando los regímenes actuales de la movilidad urbana, está relacionado a la urbanización, es decir, la alta concentración de la población mundial en las grandes ciudades y su crecimiento desordenado.

Como ya fue mencionado, según las Perspectivas Mundiales de Urbanización elaboradas por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, en el año 2018 el 55% de las personas en el mundo vive en las ciudades y la perspectiva es

que este porcentaje aumente para el 68% en el año 2050, lo que significa que cerca de 2.500 millones de personas adicionales vivirán en las ciudades para esta fecha. Este proceso de urbanización va a ser más rápido en países de ingresos bajos y medios. De hecho, para el año 2018, América Latina y el Caribe tiene el 81% de la población urbana y solo es superado por América del Norte, con el 82% (UN DESA, 2018).

El proceso acelerado de urbanización ha estimulado el surgimiento de “mega-ciudades”, las cuales tienen una población mayor a 10 millones de habitantes. Actualmente hay 43 mega-ciudades en el mundo y dentro las cinco principales se encuentran dos ciudades latinoamericanas: Tokio (37.468.302); Delhi (28.513.682), Shanghai (25.582.138), Área Metropolitana de São Paulo (21.582.138) y Ciudad de México (21.580.827) (WORLD POPULATION REVIEW, 2018).

Para el caso de Brasil, de acuerdo con los datos del IBGE (*Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*), se estima que en el año 2018 Brasil cuenta con 208,5 millones de habitantes, de los cuales el 57% (118,9 millones) vive en apenas 5,7% de los municipios (317) con más de 100.000 habitantes, lo que indica una alta concentración de la población en las ciudades. De hecho, si se consideran las áreas metropolitanas, Brasil cuenta con dos mega-ciudades: Área Metropolitana de São Paulo (21.6 millones) y el Área Metropolitana de Rio de Janeiro (12,7 millones) (IBGE, 2018).

Este progresivo aumento de la urbanización, aunque tiene consecuencias positivas asociadas al crecimiento económico³⁸ y al acceso al mercado de trabajo, si se hace de manera desordenada también genera problemas de exclusión social y movilidad urbana. Históricamente, la malla vial urbana evolucionó en la dirección de priorizar el transporte individual motorizado en detrimento de otros medios de locomoción como el transporte público y el transporte activo. Las administraciones locales planean sus intervenciones en la ciudad, para recibir una flota creciente de automóviles y promover su circulación (FERREIRA et al., 2018). El crecimiento de los automóviles también genera pérdida de tiempo en el congestionamiento. De acuerdo con la Companhia de Engenharia de Tráfego - CET, (2017), en la ciudad de São Paulo, el 11% del tiempo de viaje de los automóviles es perdido e congestionamiento, un 8% en la mañana y 14% en el horario de la tarde.

³⁸ Más del 80% de los bienes y servicios del mundo son producidos en las áreas urbanas (UN-HABITAT, 2016).

Así, las ciudades afectan en gran medida la sostenibilidad del mundo, ya que la densidad poblacional y los sistemas de transporte que necesitan para movilizarse, tienen impactos negativos debido al aumento del consumo de energía, presión sobre los recursos naturales, problemas de calidad del aire y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero. De hecho, “*las ciudades son responsables del 70% de las emisiones globales de CO₂ inducidos por el hombre, principalmente a través del consumo de combustibles fósiles para transporte y energía*” (UN-HABITAT, 2016). Por esta razón, y como ya fue explicado en el capítulo teórico, las ciudades se consideran como el espacio y contexto clave para aplicar políticas y estrategias de desarrollo sostenible.

La importancia de las ciudades y su contribución al desarrollo sustentable, fue manifestada en los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS), específicamente en el Objetivo 11. “*Hacer que las ciudades y los asentamientos urbanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles*” (ONU BRASIL, 2018)³⁹.

Brasil asumió su compromiso con estos objetivos, los cuales en gran medida están alineados con el *Estatuto da Cidade (Lei 10.257 de 10 de Julho de 2011)*, que define las directrices generales de la política urbana por medio del ordenamiento y pleno desarrollo de las funciones sociales de la ciudad y de la propiedad urbana. Dentro los objetivos de esta política se encuentran la garantía al derecho a ciudades sustentables y la planeación del desarrollo de las ciudades en función de evitar y corregir las distorsiones del crecimiento urbano y sus efectos negativos sobre el medio ambiente (BRASIL, 2001). La implementación de los ODS y de las directrices del *Estatuto da Cidade*, se convierten en una oportunidad para discutir y repensar el modelo de urbanización de Brasil.

Así, la urbanización al ejercer una presión sobre los regímenes socio-técnicos dominantes de la movilidad urbana, se debe entender como una fuerza que puede utilizarse positivamente para realizar una adecuada gestión y planificación territorial, fomentar la eficiencia energética (edificios, industria, transporte) y priorizar el uso del transporte público sobre los automóviles para reducir los niveles de tráfico y tornar las ciudades más inclusivas para la población. Estas acciones en conjunto pueden estimular la transición hacia una movilidad del bajo carbono.

³⁹ Para cumplir con este objetivo se definieron diferentes metas a ser alcanzadas en el año 2030, entre las que se encuentran: 11.2 Proporcionar el acceso a sistemas de transporte seguros, accesibles y sustentables y a un precio accesible para todos, mejorando la seguridad vial por medio de la expansión de los transportes públicos; 11.3 Aumentar la urbanización inclusiva y sustentable, y la capacidad para el planeamiento y la gestión participativa; 11.6 Reducir el impacto negativo per cápita de las ciudades, inclusive prestando especial atención a la calidad del aire, gestión de los residuos ambientales y otros (ONU BRASIL, 2018).

2.3.2 Cambio Climático

Los efectos derivados del cambio climático, que en parte están asociados al impacto de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generados por los sistemas de transporte terrestre, han generado un debate mundial en torno a la necesidad de la **“descarbonización del transporte”**.

La principal política derivada de este debate internacional es el denominado “Acuerdo de París” que fue establecido en la Convención de las Partes del año 2015 (COP-21), y que plantea la necesidad de promover políticas e instrumentos para limitar el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2° C sobre los niveles pre-industriales y limitar el aumento a 1,5° C, con el fin de mitigar los impactos del cambio climático (UNFCCC, 2015).

El informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2018)⁴⁰ señala que para limitar el calentamiento global a 1,5° C se necesitarían transiciones "rápidas y de gran alcance" en la tierra, la energía, la industria, los edificios, el transporte y las ciudades. Para esto, es necesario que las emisiones netas globales de dióxido de carbono (CO₂) de origen humano disminuyeran en 2030 alrededor de un 45% respecto de los niveles de 2010, y siguieran disminuyendo hasta alcanzar el "cero neto" aproximadamente en 2050.

Los expertos que elaboraron este informe compararon los impactos asociados a un calentamiento global de 1,5° C y de 2° C, demostrando que en un escenario de 2° C o mayor, las consecuencias en los ecosistemas, la salud humana y el bienestar de la población mundial pueden ser irreversibles. Los datos presentados en el informe, evidencian la urgencia de formular e implementar políticas y medidas más ambiciosas de adaptación y mitigación del cambio climático. Este proceso requiere que los gobiernos y los tomadores de decisión superen barreras económicas, institucionales y socio-culturales que puedan impedir una transición hacia sistemas más sostenibles en los ecosistemas y en las ciudades. Este proceso de transición también debe tener en cuenta las circunstancias nacionales, regionales y locales y la disponibilidad de capital para implementar estas medidas (IPCC, 2018).

⁴⁰ El informe del IPCC titulado: “*Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza*”, fue elaborado por un conjunto de 91 expertos y tomadores de decisión de 44 ciudadanías y se espera que sus resultados sean discutidos en la COP 24, que se realizó en Diciembre de 2018 en Katowice (Polonia).

Teniendo en consideración la influencia del Cambio Climático en el medio ambiente y en los Sistemas Socio-Técnicos de la Movilidad Urbana, el gobierno Brasileño ha elaborado un conjunto de políticas e instrumentos que están alineados con los compromisos internacionales de mitigación y adaptación al cambio climático. La ***Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)***, que fue instituida por la *Lei 12.187 de 2009*, define estrategias y políticas relacionadas al monitoreo y a la implementación de los planes sectoriales de mitigación y adaptación al cambio climático en los ámbitos local, regional y nacional. En relación al transporte, el artículo 11 de esta ley establece como prioridad: “*la consolidación de una economía de bajo carbono [...] en el transporte público urbano*” (BRASIL, 2009). El *Ministério do Meio Ambiente (MMA)* es la entidad responsable de coordinar esta política y en general todas las políticas ambientales de Brasil.

La PNMC también estableció las directrices que permitieron definir las **Contribuciones Previstas Determinadas a Nivel Nacional (iNDC)**⁴¹, de Brasil, donde se exponen sus planes y sus acciones para reducir las emisiones y adaptarse al cambio climático, en diferentes sectores como: la descarbonización del suministro de energía apostando por la energía renovable, mejoras en la eficiencia energética, una mejor gestión de la tierra, la planificación urbana y el transporte (UNFCCC, 2016).

En este contexto, Brasil manifestó su intención de “*reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en 37% por debajo de los niveles de 2005, en el año 2025. Además indicó una contribución indicativa subsecuente de reducción de 43% por debajo de los niveles de emisión de 2005, en el año 2030*” (BRASIL, 2015).

Brasil ratificó el Acuerdo de París en el año 2016, por lo cual, las iNDCS se transformaron en NDC (Contribuciones Nacionalmente Determinadas), lo que significa que ya dejan de ser previsiones y pasan a establecer compromisos. Estas metas significan “*una reducción de 66% en términos de GEI por unidad del PIB (intensidad de emisiones) en 2025 y en 75% en términos de intensidad de emisiones en el 2030, ambas en relación al 2005*” (BRASIL, 2015).

⁴¹ En las diferentes Conferencias de las Partes que antecedieron a la COP-21 de París, se venía gestando la idea de que los países que hacen parte de la convención, crearan un plan de acción para mitigar el cambio climático y que substituyera al Protocolo de Kyoto, cuyo plazo vencía en el 2012. Es así, que en la COP-19 de Varsovia, Polonia del año 2013, se decidió que todos países deberían preparar este documento y entregarlo con antelación a la COP-21. Este documento fue denominado Contribuciones Previstas Determinadas a Nivel Nacional (iNDC), en el cual se deberían especificar los compromisos nacionales de mitigación y adaptación al cambio climático. Estas contribuciones son “previstas” ya que pueden ser ajustadas, si es necesario, antes de la ratificación, aceptación o aprobación del Acuerdo de París.

Algunas de las medidas que Brasil pretende adoptar para cumplir las NDC, y específicamente para mitigar el impacto del transporte terrestre en el medio ambiente son:

- i) Aumentar la participación de bioenergía sustentable en la matriz energética brasileira para aproximadamente 18% hasta el 2030, **expandiendo el consumo de biocombustibles**, aumentando la oferta de etanol, inclusive por medio del aumento de la parcela de biocombustibles avanzados (segunda generación) y aumentando la parcela de biodiesel en la mezcla del diésel.
- ii) En el sector industrial, promover nuevos padrones de tecnologías limpias y ampliar **medidas de eficiencia energética y de infraestructura de bajo carbono**.
- ii) En el sector transporte, **promover medidas de eficiencia, mejoras en la infraestructura de transportes y en el transporte público en áreas urbanas**” (BRASIL, 2015).

Uno de los instrumentos de esta Política es el *Fundo Clima (Fundo Nacional sobre Mudança do Clima)* cuyo objetivo es financiar proyectos, estudios y emprendimientos que busquen la reducción de los GEI y la adaptación a los efectos del cambio climático. El *Fundo Clima* otorga recursos en dos modalidades: reembolsable que son administrados por el BNDES (Programa BNDES-Fundo Clima) y no-reembolsable que son administrados por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2018). Los recursos reembolsables asociados al estímulo del transporte colectivo urbano de pasajeros y a la mejora de la movilidad urbana, se presentarán en detalle en la Sección de Programas de Financiamiento al Transporte Público en el Capítulo 3.

Para cumplir estas metas, se definió que el *Plano Nacional de Adaptação (PNA)* es el principal instrumento de política de gestión y adaptación al cambio climático. El PNA establece estrategias sectoriales y temáticas⁴², donde se destaca la Infraestructura, la cual aborda los temas de energía, transportes y movilidad urbana. Para este sector se elaboró un Plan específico, que fue denominado: *Plano Setorial de Transporte e Mobilidade Urbana para a Mitigação e Adaptação à Mudança Climática (PSTM)*, el cual fue reglamentado por el Decreto No. 7.390/2010.

⁴² Los sectores considerados en el PNA son: Agricultura; Biodiversidad y Ecosistemas; Ciudades; Desastres Naturales; Industria y Minería; Infraestructura (Energía, Transportes y Movilidad Urbana); Pueblos y poblaciones vulnerables; Recursos Hídricos; Salud; Seguridad Alimenticia y Nutricional y Zonas Costeras.

Los principales objetivos del PSTM están relacionados con: i) implantación de infraestructura para la movilidad urbana, por medio de proyectos de transporte público; ii) implantación de instrumentos de gestión de la movilidad urbana, que promuevan el transporte público y desestimen el transporte individual motorizado; iii) sustitución de la fuente de energía utilizada en el transporte público por buses, entre otras (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES; MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013).

Así, es posible afirmar que Brasil tiene un conjunto de políticas y planes para la adaptación y mitigación del cambio climático, los cuales están alineados a los compromisos internacionales adquiridos en el Acuerdo de París. Específicamente en el tema del transporte terrestre, estas políticas manifiestan la necesidad de priorizar el transporte público, implementar biocombustibles de primera y segunda generación y aumentar el uso de biodiesel. Aunque no hay una mención específica al estímulo de la movilidad eléctrica, esta se podría asociar con los objetivos de eficiencia energética para los sistemas de transportes.

Sin embargo, a pesar de que existe todo un marco regulatorio y político específico para la mitigación y adaptación al cambio climático, estas políticas carecen de una “gobernanza climática” efectiva que permita la implementación de los diferentes instrumentos ya definidos. En este sentido, es importante que el gobierno federal defina estrategias para que todos los actores relacionados con las políticas ambientales, incluyendo a la sociedad civil, participen y se comprometan a cumplir las metas establecidas (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2017).

Este compromiso y una operacionalización eficiente de los instrumentos de política ya definidos, son fundamentales para propiciar procesos de transición en los sistemas socio-técnicos de la movilidad urbana y estimular las innovaciones de nicho, específicamente las relacionadas con el uso de los biocombustibles, la priorización del transporte público colectivo y el fomento de eficiencia energética de los vehículos, que incluyen tecnologías de propulsión eléctrica.

2.3.3 Seguridad Energética y Biocombustibles

La seguridad energética es una preocupación de carácter mundial relacionada a la dependencia de los combustibles fósiles, la cual ejerce una presión para modificar el sistema socio-técnico dominante de la movilidad urbana e impulsar innovaciones de nicho asociadas a vehículos de baja emisión y que utilicen energías renovables.

Las crisis del petróleo de los años 70, evidenciaron la necesidad de fomentar la diversificación de la matriz energética, estimulando alternativas energéticas renovables como los biocombustibles y el uso de la electricidad para los sistemas de transporte.

Para el caso de Brasil, la implementación de los biocombustibles en su matriz energética a partir de los años 70, no solo fue una respuesta para disminuir la dependencia del petróleo, sino que también tenía como objetivo desarrollar una cadena industrial nacional asociada a la alternativa energética del etanol de caña de azúcar. A partir de los años 2000, las preocupaciones ambientales por el impacto de los GEI en el calentamiento global, también impulsaron el uso de biocombustibles, específicamente en el sector transporte (MME; EPE, 2017).

Se destacan las siguientes políticas y acciones encaminadas a la incorporación de los biocombustibles en el transporte en Brasil: i) *Programa Nacional do Álcool “Proálcool”* (1975); ii) Implementación de Motores *Flex-Fuel* (2003); iii) *Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel “PNPB”* (2005); iv) *Política Nacional de Biocombustíveis “RenovaBio”* (2017); v) *Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Energias Renováveis e Biocombustíveis* (2018-2022). En el Box 2.1 se presentan las características generales de estas políticas.

Box 2.1 Políticas y acciones de estímulo a los Biocombustibles

Programa Nacional do Álcool “Proálcool” (1975): Su principal objetivo era estimular la producción de etanol como combustible para los automóviles y de esta manera reducir la dependencia de combustibles fósiles importados. La producción del etanol se vio favorecida gracias a los avances en la producción sucro-alcoholera con plantas de producción más modernas, mayor productividad de los procesos, expansión de las áreas plantadas y mejoras en la genética de la caña de azúcar. Este programa se expandió hasta la mitad de la década de 1980, ya que hubo un aumento considerable del precio del azúcar en los mercados internacionales y la caída de los precios del petróleo, lo que desestimuló el uso del etanol como biocombustible. Además, hubo problemas con el abastecimiento del alcohol, lo que desestimuló su uso. Para los años 90 la gasolina ya se había restablecido como principal combustible vehicular y ya para los años 2000, prácticamente se extinguieron los vehículos nuevos con motor de alcohol (VAZZOLÉR; BONACELLI, 2014).

Motores Flex-Fuel (2003): A mediados de los años 2000, las principales ensambladoras localizadas en Brasil desarrollaron motores *flex-fuel* que permitieron que los consumidores tuvieran la opción de utilizar tanto gasolina como alcohol para abastecer sus vehículos. Una de los factores que influenciaron el desarrollo de los motores *flex-fuel*, fue que el Gobierno Federal aprobó en 1998 la “*Lei Frota Verde*” que exigía el cambio de toda la flota de vehículos oficiales para vehículos a etanol en un plazo de 5 años. Además, en el año 2000 el precio del etanol disminuyó considerablemente lo que permitió su utilización a gran escala. Sin embargo, el uso del etanol en los motores *flex-fuel*, fue en gran parte una iniciativa privada, que no tuvo presiones de un marco regulatorio específico que obligara a su desarrollo tecnológico. La rápida difusión de los vehículos *flex-fuel* también estuvo directamente relacionada a la existencia de una infraestructura para la distribución y comercialización del alcohol, lo que aumentó la confianza en este tipo de tecnología (VAZZOLÉR; BONACELLI, 2014). La expansión de los vehículos con motores *flex-fuel* ha sido muy importante para la industria automovilística brasilera, ya que todas las empresas instaladas en Brasil tienen versiones *flex-fuel* de

sus modelos. Según datos de ANFAVEA, (2018), la producción de automóviles *flex-fuel* en el periodo 2013-2017 fue de aproximadamente 25.700.000 frente a 9.378.000 vehículos a gasolina y 290.000 a diésel, lo que demuestra la importancia de esta tecnología en el mercado automovilístico.

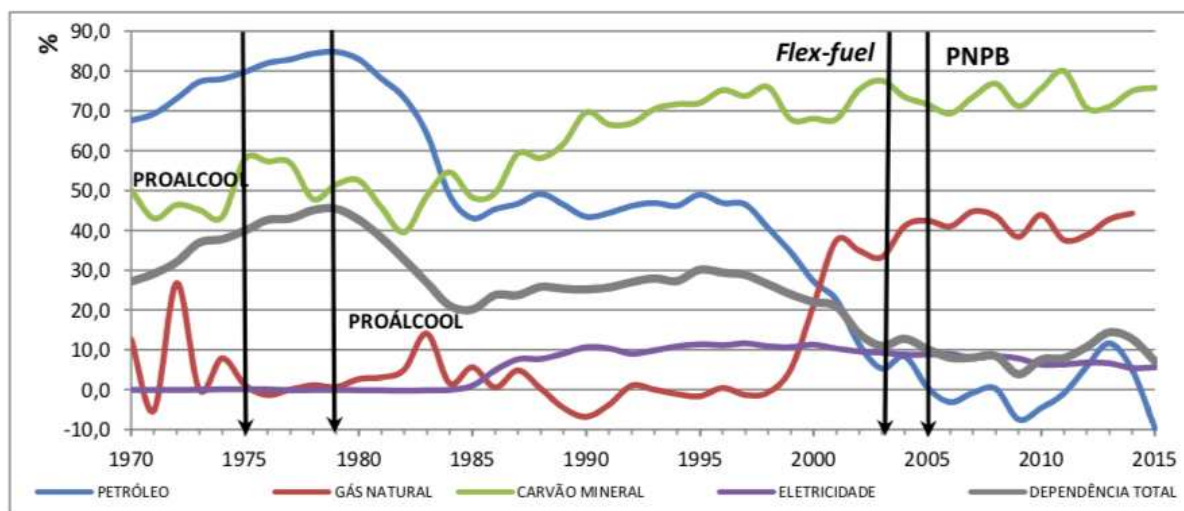
Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel “PNPB” (2005): Es un programa interministerial que tiene como objetivo la implementación de la cadena de producción de biodiesel en Brasil. Sus principales directrices son: i) Implantar un programa sustentable, promoviendo la inclusión social a través de la generación de renta y empleo; ii) Garantizar precios competitivos, calidad y suministro; iii) Producir biodiesel a partir de diferentes fuentes oleaginosas, fortaleciendo las potencialidades regionales para la producción de materia prima (SECRETARIA ESPECIAL DE AGRICULTURA FAMILIAR E DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2018). A partir de la creación de este programa, el biodiesel comenzó su inserción en la matriz energética nacional y consiguió que la producción nacional de biodiesel superara a la de países con programas estructurados desde hace más tiempo, alcanzando una capacidad instalada de aproximadamente 7 billones de litros por año (MCTIC, 2018).

RenovaBio (2017): En Diciembre de 2017, Brasil estableció la Política Nacional de Biocombustibles (*RenovaBio*), por intermedio de la *Lei 13.576/2017*, que tiene como objetivo principal reconocer el papel estratégico de los biocombustibles en la matriz energética brasileña, con relación a la seguridad energética y a la mitigación de las emisiones de GEI en el sector de los biocombustibles. Algunas de sus principales directrices son: i) Reconocer la capacidad de los biocombustibles en promover la “descarbonización” del mercado de combustibles; ii) Respetar los ordenamientos específicos de adición mínima de etanol anhidro a la gasolina y de biodiesel al *óleo diesel*; iii) Fomentar la investigación aplicada e innovación en nuevos biocombustibles, con énfasis en el aumento de la productividad agrícola e industrial, en la eficiencia de los procesos y en el uso del producto y también como aprovechamiento de sinergias con los combustibles actuales, entre otros (MME, 2018). Para cumplir con sus objetivos y directrices, el Programa utiliza instrumentos de metas de reducción de emisiones de GEI en la matriz de combustibles, créditos de descarbonización, adiciones compulsorias de biocombustibles a los combustibles fósiles, incentivos fiscales, financieros y crediticios y acciones en el ámbito del Acuerdo de París (MME; EPE, 2017b).

Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Energias Renováveis e Biocombustíveis (2018-2022): Su principal objetivo es promover el conocimiento científico y el desarrollo tecnológico en fuentes renovables de generación de energía eléctrica, en la producción y uso de biocombustibles y en el uso eficiente de la energía, garantizando la seguridad y el abastecimiento energético, teniendo en cuenta la importancia económica, social y ambiental para el país. Una de las metas establecidas en el componente de Energías renovables es: Meta 5. Contribuir para la agregación de nuevas tecnologías para la electromovilidad, para lo cual se proponen las siguientes acciones: i) Desarrollar nuevas concepciones de motores, incluyendo la utilización de imanes permanentes y tierras raras; ii) Desarrollar sistemas auxiliares para vehículos eléctricos, incluyendo sistemas de recarga; iii) Incentivar proyectos para el desarrollo de tecnologías de uso sistémico de VE como consumidor y generador de energía; iv) Incentivar proyectos de demostración de uso de energías y combustibles renovables para la producción de hidrógeno para uso vehicular y para la producción de gas de síntesis. En relación al biodiesel y al etanol, se proponen las siguientes metas: i) Apoyar la diversificación de fuentes de materias primas y tecnologías de producción de Biodiesel y Etanol en Brasil y reducir los impactos de los procesos agrícolas; ii) Contribuir con la garantía de la calidad del biodiesel en su cadena de producción y uso y solucionar problemas asociados; iii) Aumentar la eficiencia de los procesos de etanol y de aprovechamiento de co-productos. Finalmente, en relación al biogás y al biometano las metas establecidas son: i) Aumentar la eficiencia de la producción de biogás y de biometano en diferentes escalas; ii) Contribuir para la garantía de la calidad y sustentabilidad de biogás y biometano en toda la cadena de producción y uso; iii) Incentivar nuevas aplicaciones para el biogás y el biometano, por ejemplo nuevos negocios para la generación de electricidad y movilidad. (MCTIC, 2018).

La implementación de estas políticas, además del aumento de la producción doméstica de petróleo por parte de la Petrobras, ha permitido la reducción de la dependencia externa del petróleo y de sus derivados. En el siguiente gráfico se presenta la disminución de la dependencia externa de energía en el período (1970-2015).

Gráfico 2.1 Dependencia Externa de Energía

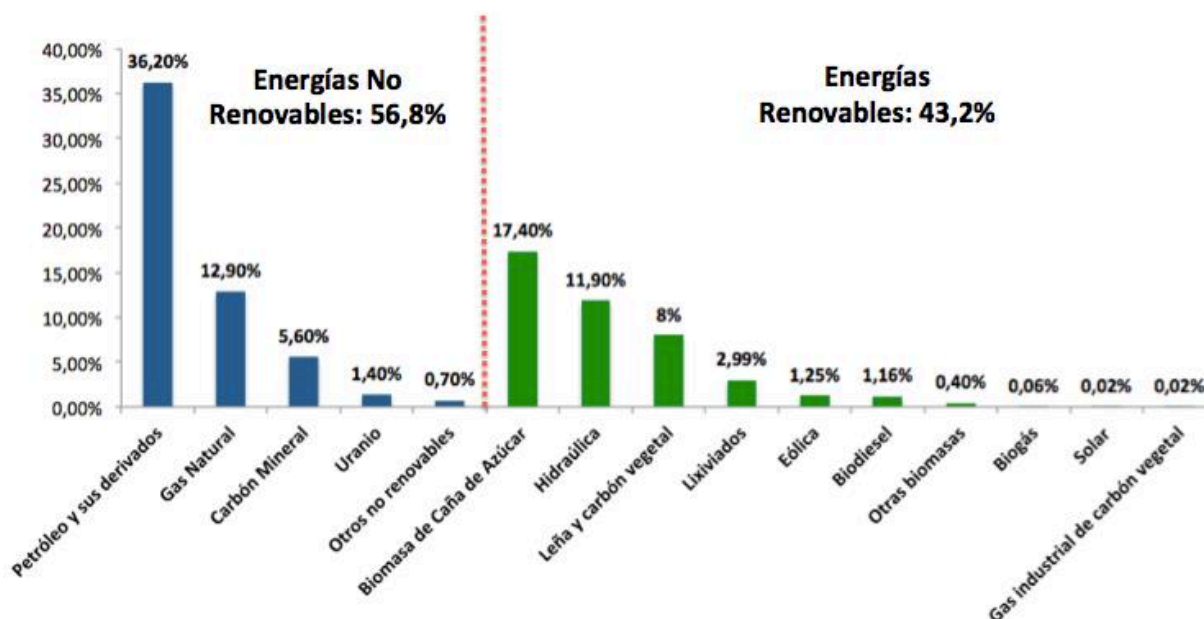


Nota: La curva del petróleo incluye los valores del petróleo bruto y derivados.

Fuente: (MME; EPE, 2017).

El proceso de incorporación de biocombustibles en la matriz energética ha contribuido a tener una de las matrices energéticas más limpias del mundo. Aunque la participación de energías no renovables sigue siendo mayoritaria con un 56,8%, la participación de energías renovables es del 43,2%, frente a un promedio mundial de 13,7% en el año 2015 (MME ; EPE, 2018). En el siguiente gráfico se presenta la participación de la oferta interna de energía en Brasil para el año 2017.

Gráfico 2.2 Participación de la Oferta Interna de Energía 2017



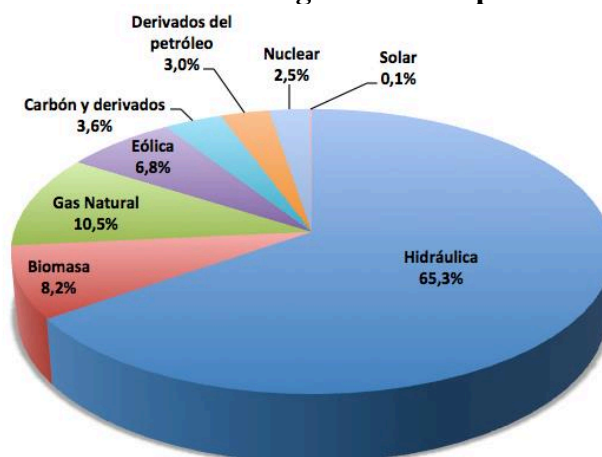
Fuente: Elaboración propia a partir del *Balanço Energético Nacional* BEN 2018 (MME ; EPE , 2018).

La importante participación de fuentes renovables en la matriz energética, también ha contribuido a disminuir las emisiones de GEI. Según datos del *Balanço Energético Nacional* 2018, en el año 2017 las emisiones antrópicas alcanzaron 435,8 millones de toneladas de CO_{2e} (Dióxido de Carbono Equivalente), de los cuales 45,8% corresponde al Transporte, Industria (18,9%); Residencial (4,3%) y otros sectores (31%) (MME; EPE, 2018).

En términos de emisiones por habitante, cada brasileiro emitió en promedio 2,1 toneladas de CO_{2e} en 2017, que corresponde a 7 veces menos que un americano y 3 veces menos que un europeo o un chino. La economía brasileña permanece siendo en promedio 17% menos intensa en carbono que la economía europea, 50% menos que la economía americana y 70% menos que la economía China, con base en datos del IEA (2015) (MME; EPE, 2018).

En relación a la Matriz Eléctrica Brasileña, esta es de origen predominantemente renovable y representa el 80,4% de la oferta interna. Se destacan las fuentes hidroeléctricas, que responden por del 65,2%, Biomasa (8,2%), Eólica (6,8%) y Solar (0,13%). En el siguiente gráfico se presenta la Oferta Interna de Energía Eléctrica por fuente para el año 2017.

Gráfico 2.3 Oferta Interna de Energía Eléctrica por Fuente 2017



Fuente: MME; EPE, (2018).

El hecho de que Brasil tenga una matriz energética y eléctrica mayoritariamente limpia y consiga alcanzar sus metas de emisiones internacionales por otras acciones, no debe ser interpretado como una barrera para la movilidad de bajo carbono, y sí como una potencialidad, pues la descarbonización y el bajo impacto ambiental de tecnologías de nicho como los buses eléctricos en los sistemas de transporte urbano, amplían aun más la sustentabilidad de la economía nacional y de la sociedad brasileira (CONSONI et al., 2018).

Además, la importancia de los biocombustibles para la economía nacional e incluso como fuente de desarrollo de capacidades locales en la industria automovilística (como fue el caso de los motores *flex-fuel*), generan una presión importante para pensar innovaciones de nicho de bajo carbono que involucren tanto nuevos sistemas de propulsión eléctrica, como combustibles alternativos. Una posibilidad podría estar relacionada con la incorporación de vehículos híbridos *flex-fuel* a etanol y equipados con motores eléctricos y/o vehículos con células a combustible alimentadas por etanol. Algunas de estas posibilidades se presentarán en el capítulo de las innovaciones de nicho de los buses de baja emisión.

2.3.4 Calidad del aire y su impacto en la Salud Pública

Un elemento asociado al Panorama Socio-Técnico que está ejerciendo presión sobre el sistema dominante de la movilidad urbana y estimulando nichos de innovación relacionados a los buses de baja emisión, es el aumento de las muertes prematuras y enfermedades crónicas asociadas a los niveles de calidad del aire. Este problema afecta

especialmente a los grandes centros urbanos, tanto en los países desarrollados como en los países en vías de desarrollo y genera altos costos a los sistemas de salud pública.

El nivel de contaminación atmosférica es determinado por la cantidad de sustancias contaminantes presentes en el aire, por la topografía y por las condiciones meteorológicas que pueden contribuir o no con la concentración de dichos contaminantes⁴³. Los principales contaminantes que resultan de la combustión interna de los combustibles en los vehículos se pueden clasificar en: Contaminantes Atmosféricos Locales y Gases de Efecto Invernadero GEI⁴⁴. En el Box 2.2 se presenta una caracterización de estos contaminantes y su impacto en la calidad del aire y la salud humana.

Box 2.2 Contaminantes Atmosféricos Locales y Gases de Efecto Invernadero generados por la combustión interna de los combustibles de los vehículos

Contaminantes atmosféricos locales: De acuerdo a su origen se pueden clasificar en: i) Contaminantes primarios: emitidos directamente de las fuentes de emisión. Para este caso, serían las emisiones que ocurren después de la quema de combustible en el motor y son lanzadas directamente por el sistema de escape de los vehículos; ii) Contaminantes secundarios: son formados en la atmósfera a través de la reacción química entre contaminantes y/o constituyentes naturales de la atmósfera. Los principales contaminantes atmosféricos locales son:

- **Material Particulado (MP):** es una mezcla de partículas sólidas y líquidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire. Estas partículas se miden según su tamaño: MP₁₀ (partículas gruesas) y MP_{2,5} (partículas finas), es decir partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 10 y 2,5 microgramos (µg), respectivamente. Cuanto más finas las partículas, mayor es su penetración en los pulmones e incluso pueden entrar en el sistema sanguíneo, lo que genera un riesgo de desarrollar enfermedades respiratorias y cardiovasculares.
- **Óxidos de Nitrógeno (NOx):** Son el Monóxido de Nitrógeno (NO) y el Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y tienen origen en la combustión incompleta de los motores de los vehículos. Los NOx tienen un importante papel en la formación de Ozono Troposférico (O₃). La exposición prolongada al NO₂ puede generar problemas respiratorios como asma y bronquitis.
- **Monóxido de Carbono (CO):** Es un gas incoloro, inodoro e insípido, que se genera por la combustión incompleta de los combustibles. Su principal fuente de emisión son los procesos de combustión que ocurren en condiciones no ideales, en las que no hay oxígeno suficiente para realizar la combustión completa. La mayor parte de las emisiones en las áreas urbanas es originada por los vehículos automotores. Este gas tiene una alta afinidad con la hemoglobina de la sangre, substituyendo al oxígeno y reduciendo la alimentación de este al corazón, cerebro y demás áreas del cuerpo. En baja concentración pueden causar fatiga y dolor en el pecho, en alta concentración puede generar asfixia e incluso la muerte.
- **Dióxido de azufre (SO₂):** Es un gas incoloro, de un olor penetrante que se genera de la combustión de fósiles (carbón y petróleo) y la fundición de minerales que contienen azufre. Las

⁴³ La calidad del aire puede empeorar en relación a los parámetros de Material Particulado (MP), Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Azufre (SO₂) en los meses de invierno, cuando las condiciones meteorológicas son desfavorables a la dispersión de contaminantes. El Ozono (O₃) presenta mayores concentraciones en primavera y verano, por ser un contaminante secundario que depende de la intensidad de la luz solar para ser formado (CETESB, 2018).

⁴⁴ La Entrevista 17 realizada a un experto del IEMA (*Instituto de Energia e Meio Ambiente*) fue clave para entender las principales diferencias entre los contaminantes atmosféricos locales y los Gases de Efecto Invernadero GEI.

principales fuentes son los vehículos con MCI y las termoeléctricas. La exposición al SO_2 afecta el sistema respiratorio, las funciones pulmonares y causa irritación ocular. Cuando el SO_2 se combina con agua, se convierte en ácido sulfúrico que es el principal componente de la lluvia ácida que causa la deforestación. Si se reduce el contenido de azufre en los combustibles es posible disminuir las emisiones de SO_2 .

- **Hidrocarburos No Metano (NMHC):** Son gases y vapores que resultan de la quema incompleta de combustibles. La clasificación de estos compuestos incluye toda la gama de sustancias orgánicas presentes *in natura* en los combustibles, y los subproductos orgánicos derivados de la combustión, excepto el metano. En su composición existen diversos hidrocarburos como el benceno, que es cancerígeno. Son sustancias precursoras de la formación de Ozono (O_3) a nivel troposférico. Contribuye con el agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares.
- **Ozono (O_3):** Es un gas incoloro e inodoro en las concentraciones ambientales y es el principal componente de la niebla tóxica. Se considera un contaminante secundario, es decir que se forma a partir de la reacción con la luz solar (fotoquímica) de contaminantes como el Óxido de Nitrógeno (NO_x) y de los compuestos orgánicos volátiles (COV), generados por las emisiones de vehículos. El exceso de ozono en el aire puede causar problemas respiratorios, asma y originar enfermedades pulmonares. El Ozono troposférico también actúa como GEI.

Gases de Efecto Invernadero (GEI): Son componentes gaseosos de la atmósfera, naturales y resultantes de la actividad humana (por ejemplo, emisiones de los vehículos con MCI), que absorben y emiten radiación infrarroja, lo que genera el efecto invernadero. Altas concentraciones de GEI contribuyen con el calentamiento global, pero no hay efectos significativos en la salud. Los GEI de larga vida, son químicamente estables y persisten en la atmósfera durante largos periodos de tiempo, por lo que tienen un impacto de largo plazo en el clima. Los principales GEI de larga vida que se deben cuantificar en los inventarios de emisiones relacionados a actividades de transporte son:

- **Dióxido de Carbono (CO_2):** Gas que se produce de forma natural, y también como subproducto de la combustión de combustibles fósiles y biomasa, cambios en el uso de las tierras y otros procesos industriales. Es el principal gas de efecto invernadero antropogénico que afecta al equilibrio de radiación del planeta y es el gas de referencia frente al que se miden otros gases de efecto invernadero.
- **Metano (CH_4):** Hidrocarburo producido por la descomposición anaerobia (sin oxígeno) de residuos en vertederos, digestión animal, descomposición de residuos animales, producción y distribución de gas natural y petróleo, producción de carbón, y combustión incompleta de combustibles fósiles.
- **Óxido Nitroso (N_2O):** Potente GEI emitido con los usos de cultivos en tierras, especialmente el uso de fertilizadores comerciales y orgánicos, la combustión de combustibles fósiles, la producción de ácido nítrico, y la combustión de biomasa.
- **Dióxido de Carbono Equivalente (CO_2e):** Para tener una medida única de GEI, las emisiones de metano (CH_4) y Óxido Nitroso (N_2O) son convertidas en una unidad de Dióxido de Carbono Equivalente (CO_2e), de acuerdo a las métricas GWP (*Global Warming Potential*). Esta es la medida más precisa para identificar el impacto de los GEI en la atmósfera.

Fuente: (CETESB, 2018, 2016; IEMA, 2017, 2012; MMA, 2011; IPCC, 2001; OMS, 2018b).

La relación entre la exposición a la contaminación atmosférica y sus efectos en la salud, ha sido analizada por múltiples estudios epidemiológicos a nivel mundial, cuyos resultados indican una asociación entre la exposición prolongada a contaminantes atmosféricos y el aumento de hospitalizaciones, morbilidad y mortalidad prematura, principalmente por enfermedades respiratorias y cardiovasculares (GAKIDOU; GLOBAL BURDEN OF DISEASE STUDY 2016 RISK FACTORS COLLABORATORS, 2017; MIRAGLIA; GOUVEIA, 2014; OMS , 2016; SALDIVA, 2018).

Además, la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer IARC *International Agency For Research On Cancer* (2013), anunció en el año 2013 que la contaminación atmosférica exterior y el material particulado son cancerígenos para los humanos, lo que significa que el aire contaminado, independientemente de la concentración de contaminantes o del grado de exposición de la población, pasa a ser considerado una causa ambiental de muertes por cáncer (DE ANDRÉ; VORMITTAG; SALDIVA, 2017). En el siguiente cuadro se presentan las principales enfermedades asociadas a la contaminación atmosférica, donde se incluyen también los efectos durante el embarazo y en el sistema nervioso central.

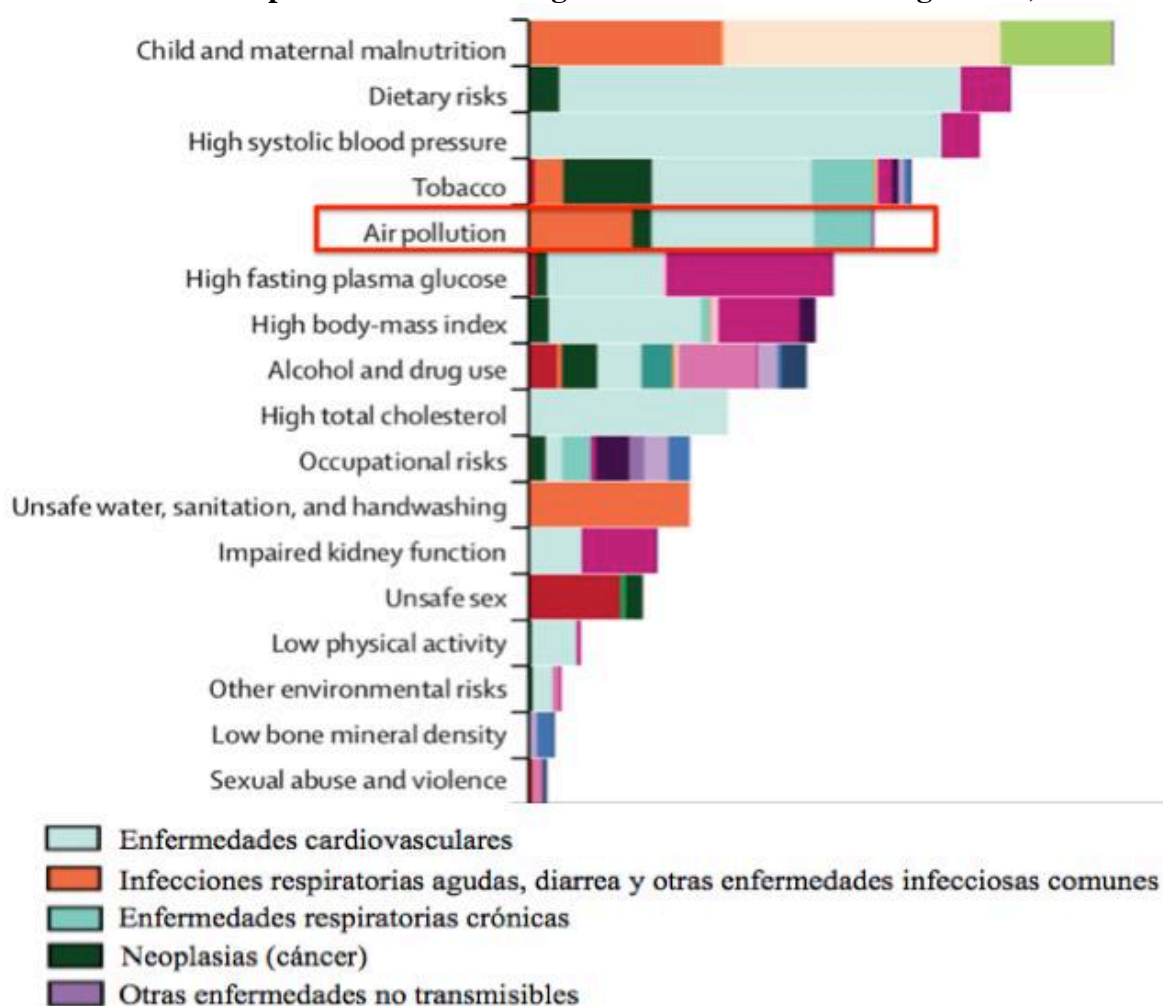
Cuadro 2.2 Enfermedades asociadas a la contaminación atmosférica

Efectos de la Contaminación Atmosférica	Enfermedades Asociadas
Enfermedades Respiratorias	Infecciones respiratorias agudas Neumonía Bronquitis Asma Cáncer de Pulmón, Tráquea y Bronquios
Enfermedades Cardiovasculares	Insuficiencia cardíaca Infarto de miocardio Accidente cardiovascular isquémico Arritmias cardíacas
Efectos durante el embarazo	Bajo peso al nacer Restricciones del crecimiento intra-uterino Nacimientos prematuros Anomalías congénitas Mortalidad perinatal
Efectos en el Sistema Nervioso Central	Autismo Alzheimer

Fuente: Elaboración propia a partir de Gakidou; Global Burden Of Disease Study 2016 Risk Factors Collaborators (2017); Miraglia; Gouveia (2014); OMS (2016); Saldiva (2018).

A nivel mundial, de acuerdo con el *Global Burden of Disease Study 2016*, la contaminación atmosférica⁴⁵ ocupó el quinto lugar como factor de riesgo de las muertes globales, cuya participación se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 2.4 Principales factores de riesgo asociados a las muertes globales, 2016



Fuente: GAKIDOU; GLOBAL BURDEN OF DISEASE STUDY 2016 RISK FACTORS COLLABORATORS, (2017).

De acuerdo con la OMS (Organización Mundial de la Salud), en el año 2016 la exposición mundial al material particulado (PM_{2,5}) contribuyó a 4,2 millones de muertes prematuras en todo el mundo, de las cuales el 91% ocurrió en países de ingresos bajos y medianos, como las Regiones de Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental. Del total de

⁴⁵ En el estudio *Global Burden of Disease Study 2016*, la contaminación del aire incluye la contaminación por exposición a Material Particulado (MP₁₀), exposición al Ozono (O₃) y contaminación del aire en los hogares por el uso de combustibles sólidos para cocinar (GAKIDOU; GLOBAL BURDEN OF DISEASE STUDY 2016 RISK FACTORS COLLABORATORS, 2017).

mueres prematuras, el 58% están relacionadas con cardiopatías isquémicas y accidentes cardiovasculares; 18% a enfermedades pulmonares obstructivas crónicas; 18% a infecciones respiratorias agudas; y 6% a cáncer de pulmón (OMS, 2018a).

Para el caso de Brasil, investigadores como los profesores Paulo Saldiva, Nelson Gouveia de la *Universidade de São Paulo* y Evangelina Vormitag del *Instituto Saúde e Sustentabilidade*, entre otros, han adelantado diferentes estudios epidemiológicos para identificar el impacto de la contaminación del aire en la salud y los costos para el sistema de salud pública.

El trabajo de Miraglia; Gouveia, (2014) “*Custos da poluição atmosférica nas regiões metropolitanas brasileiras*”, estimó la mortalidad prematura asociada a las concentraciones de Material Particulado en 29 regiones metropolitanas de Brasil, la cual ocasionó 20.050 muertes prematuras, que generaron un costo⁴⁶ para la salud pública de aproximadamente US 1,7 billones al año. Estimaciones de la OMS indican que en el 2016 la contaminación atmosférica externa, ocasionó la muerte de 51.820 personas en Brasil (MOREIRA; CHIARETTI, 2018).

Para el caso del Estado de São Paulo, el estudio de Vormittag; Rodrigues; Saldiva, (2014), estimó que incluso en un escenario de reducción de 5% de la contaminación atmosférica (específicamente Material Particulado MP_{2,5}), entre el año 2012-2030, se espera que habrá 250 mil muertes hasta el 2030 y 1 millón de hospitalizaciones, que generarán un gasto estimado de R\$ 1,5 billones, lo que equivale a casi US\$ 900 millones (precios de 2011). Estas cifras deberían ser un llamado de urgencia para establecer políticas ambientales de mitigación de la contaminación atmosférica, principalmente en los grandes centros urbanos.

Entendiendo la importancia de la relación entre la calidad del aire y su impacto sobre la salud, la Organización Mundial de la Salud ha establecido un conjunto de Guías de Calidad del Aire relativas a los principales contaminantes atmosféricos: Material Particulado (MP), Ozono (O₃), Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y Dióxido de Azufre (SO₂). Estas Guías tienen como objetivo ofrecer una orientación a los gobiernos y a los tomadores de decisiones sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación atmosférica en la salud pública.

La última actualización de esta Guía fue realizada en el año 2005, donde se establecieron los valores de referencia que indican las concentraciones ambientales debajo de

⁴⁶ Este costo fue calculado utilizando la metodología DALY (*Disability Adjusted Life Years*), que estima los años de vida perdidos (*Years of Life Lost*) en función de una muerte prematura (asociada a un evento específico), correlacionada a la expectativa de vida estimada (MIRAGLIA; GOUVEIA, 2014).

las cuales no se esperan efectos adversos, ningún disturbio o efecto indirecto significativo a la salud (IEMA, 2012). En la siguiente tabla se presentan los valores de referencia para cada contaminante.

Tabla 2.1 Guías de calidad del aire sugeridas por la OMS

Contaminante Atmosférico	Período de Referencia	Guía de Calidad del Aire Sugerido por OMS
Material Particulado MP _{2,5}	Anual	10 µg/m ³
	24 horas	25 µg/m ³
Material Particulado MP ₁₀	Anual	20 µg/m ³
	24 horas	50 µg/m ³
Ozono O ₃	8 horas	100 µg/m ³
Dióxido de Nitrógeno NO ₂	Anual	40 µg/m ³
	1 hora	200 µg/m ³
Dióxido de Azufre SO ₂	24 horas	20 µg/m ³
	10 minutos	500 µg/m ³

Fuente: OMS (2005).

Para el caso de Brasil, el CONAMA (*Conselho Nacional do Meio Ambiente*) es el órgano consultivo y deliberativo del *Sistema Nacional do Meio Ambiente* (SISNAMA), y tiene entre otras funciones, establecer los padrones de calidad del aire y los padrones nacionales de control de la contaminación causada por vehículos automotores (PROCONVE) (MMA, 2018).

En relación a los padrones de calidad del aire⁴⁷, estos nunca sufrieron actualizaciones desde que fueron establecidos en 1990 por el CONAMA, por lo cual se encuentran desfasados frente a los parámetros establecidos por la OMS (2005). Para resolver este desfase, el CONAMA realizó en el 2018 una propuesta de Minuta para actualizar estos padrones, donde se plantea la adopción de padrones de calidad del aire en cuatro etapas intermediarias. Esta propuesta fue finalmente reglamentada mediante la Resolución No. 491 de 19 de Noviembre de 2018, que “*revoca la Resolución CONAMA No. 03/1990 y los ítems 2.2.1 y 2.2.3 de la Resolución CONAMA No. 05/1989*”

⁴⁷ Los padrones de calidad del aire son uno de los instrumentos de gestión de la calidad del aire, determinado como el valor de concentración de un contaminante específico en la atmósfera, asociado a un intervalo de tiempo de exposición, para el medio ambiente y la salud de la población sean preservados en relación a los riesgos de daños causados por la contaminación atmosférica (CONAMA, 2018).

La primera etapa (PI-1) entrará en vigencia a partir de la publicación de la resolución y los padrones siguientes (PI-2; PI-3) serán implementados una vez se realice una evaluación cada 5 años por el CONAMA. El padrón final (PF) corresponde a los padrones establecidos por la OMS (2005). En la siguiente tabla se presentan los valores propuestos para los tres contaminantes locales que más afectan la calidad del aire en el Estado de São Paulo: Material Particulado ($MP_{2,5}$, MP_{10}) y Ozono (O_3).

Tabla 2.2 Guías de calidad del aire para Brasil definidas por el CONAMA (Resolución No. 491/2018)

Contaminante Atmosférico	Período de Referencia	PI-1	PI-2	PI-3	PF (OMS 2005)
Material Particulado $MP_{2,5}$	Anual	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 horas	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Material Particulado MP_{10}	Anual	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 horas	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ozono O_3	8 horas	140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: (MMA; CONAMA, 2018).

De acuerdo con estos valores, las metas definidas por la Resolución del CONAMA están muy por encima de los valores establecidos como seguros por la OMS (2005), lo que ocasiona un grave riesgo para la salud de los brasileños. Para el caso del Ozono (O_3), las metas propuestas están un 40% encima de las establecidas por la OMS y para Material Particulado ($MP_{2,5}$ y MP_{10} para 24 horas), la diferencia es de 140%. Además, teniendo en cuenta que esta regulación será implementada a partir de 2018, solamente después de 15 años⁴⁸ se alinearía a los padrones de calidad del aire de la OMS (2005), generando un desfase de 28 años frente a los estándares internacionales recomendados.

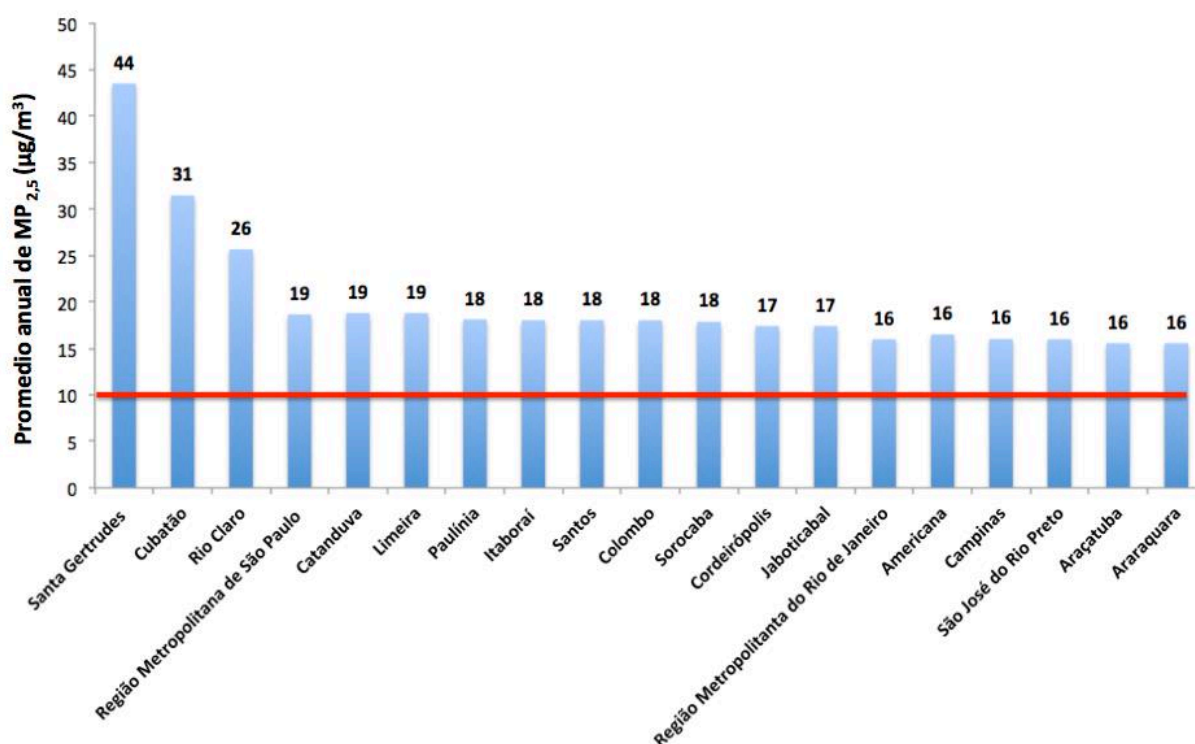
La Resolución del CONAMA también establece los niveles de atención, alerta y emergencia para los contaminantes locales, los cuales también se encuentran desfasados tanto de lo establecido por la OMS (2005) como de la Fase PI-1 propuesta. Por ejemplo, para el caso del MP_{10} (24 horas), se establecieron los siguientes niveles: Atención: 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Alerta: 420 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Emergencia: 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esto significa que solo cuando se identifiquen estos límites altísimos de contaminación del aire, los ciudadanos serán informados y se tomarán las

⁴⁸ Este sería el valor mínimo de años establecido para alcanzar los parámetros de la OMS, porque de acuerdo con la Resolución del CONAMA, “en caso de que no sea posible la migración para el padrón siguiente, prevalecerá el padrón ya adoptado” (MMA; CONAMA, 2018).

medidas necesarias para mitigar estos picos de contaminación, lo cual genera graves consecuencias para la salud de la población, especialmente la que habita en las grandes ciudades.

De hecho para el caso de Brasil, ya se ha identificado que de las 45 ciudades monitoreadas por el *Global Health Observatory* de la OMS, (2014), 2 ciudades cumplen el Padrón recomendado por la OMS de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por año y solo 5 ciudades no lo sobrepasan⁴⁹. En el siguiente Gráfico se presentan los niveles de emisiones de $\text{MP}_{2,5}$ en comparación con las recomendaciones de la OMS (2005) para las ciudades con promedios anuales de $\text{MP}_{2,5}$ mayores de $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Gráfico 2.5 Promedio anual de $\text{MP}_{2,5}$ en ciudades brasileñas en comparación a las recomendaciones de la OMS (2005) de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Fuente: Elaboración propia a partir del *Global Health Observatory* de la OMS, (2014).

⁴⁹ Las ciudades que cumplen con los padrones de la OMS (2005) de $\text{MP}_{2,5}$ ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) son: Marília (10); Presidente Prudente (10); Cantagalo (9); Malembá (8); Porto Real (8); Gravataí (7); Madre de Deus (5) OMS, (2014).

La Resolución del CONAMA ha sido objeto de múltiples críticas por ser poco desafiadora y no establecer normas más rigurosas y sanciones, para que los sectores que más contribuyen con la contaminación del aire, como la industria automovilística, definan mecanismos para disminuir su impacto ambiental. De acuerdo con lo manifestado en el Trabajo de Campo 10 por un experto del PROAM: *“esta minuta atiende la conveniencia del sector productivo (industria automovilística) quienes han sido reacios en invertir como se debería en la modernización tecnológica (control de fuentes de emisiones de evaporación e implementación de la Normas Euro VI)”*.

Para el entrevistado 15 de Greenpeace: *“la propuesta del CONAMA es un atraso en las políticas del medio ambiente en Brasil, además interfiere directamente en las políticas de salud pública [...] la contaminación atmosférica está generando muertes prematuras cada año y pérdidas de productividad, por causa de este retraso en la implementación de la política de calidad del aire”*.

Otro elemento que se suma a la ineficiencia de las políticas ambientales en relación a la calidad del aire, especialmente al impacto de los vehículos automotores, es el ***Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores PROCONVE***, el cual fue creado en el año 1986, mediante la Resolución No. 18 del CONAMA, y es coordinado por el *Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)*. El PROCONVE definió los primeros límites máximos de emisión para vehículos automotores, estableciendo plazos y exigencias tecnológicas para los vehículos nacionales e importados y mejoras la calidad de los combustibles.

La definición de los límites de emisión para Brasil está basada en la Normatividad Europea sobre emisiones, que son denominadas como Normas Euro, las cuales tienen como objetivo reducir los límites de emisiones de contaminantes locales, incluyendo Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos (HC), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Material Particulado (MP). La unidad adoptada por el PROCONVE para los límites de emisión es gramos de contaminante por kilovatio hora (g/kWh).

El control del PROCONVE se da a partir de la clasificación de los vehículos en razón de su Peso Bruto Total- PBT, las fases de los vehículos leves son caracterizadas por L y con un PBT de hasta 3,856 kg y para vehículos pesados son caracterizados por la letra P y con un PBT por encima de 3,856 kg, estas fases han sido implementadas según cronogramas diferenciados.

Las fases del PROCONVE para vehículos pesados son siete (7), durante las cuales se ha logrado una reducción significativa de emisiones, de acuerdo a las metas establecidas, principalmente las relacionadas a Material Particulado. Sin embargo, a pesar del progreso del PROCONVE, los niveles de contaminación atmosférica en las principales ciudades brasileñas, aun están muy por encima de las recomendaciones de la OMS (2005) (Ver Gráfico 2.5).

Las normas del PROCONVE P7, que aplican desde el año 2012 fueron proyectadas para que fueran equivalentes a las normas Euro V, implementadas en Europa en el año 2008, lo que ya de entrada generó un rezago en la aplicación de esta normatividad de 4 años. Pero el rezago de la normatividad brasileña es aun mayor, ya que desde el año 2014 se establecieron a nivel internacional las normas Euro VI, que establecen metas más rigurosas en el nivel de emisiones por parte de los vehículos automotores. En la siguiente tabla se presenta una comparación entre la Fase P7 del PROCONVE (en vigencia para vehículos pesados) y la normatividad Euro VI.

Tabla 2.3. Metas de emisión vehicular para vehículos pesados Fase P7

Límites de emisión (g/kWh)	Ciclo Diésel-Convencional y con Pos-tratamiento (Ciclos de test ESC*/ELR**)		Ciclo Diésel-Convencional y con Pos-tratamiento (Ciclos de test ETC***)	
	PROCONVE P7 (EURO V)	EURO VI (2014)	PROCONVE P7 (EURO V)	EURO VI (2014)
Monóxido de Carbono (CO)	1,50	1,50	4,00	4,00
Hidrocarburos (HC)	0,46	0,13	N/A	N/A
Hidrocarburos no metano (NMHC)	N/A	N/A	0,55	0,16
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	2,00	0,4	2,00	0,46
Material Particulado (MP)	0,02	0,01	0,03	0,01
Metano (CH₄)	N/A	N/A	1,1	0,5

Fuente: Elaboración propia a partir de las Normas PROCONVE P7 y la Normatividad Europea de Emisiones.

* **Ciclo E.SC:** Denominado Ciclo Europeo en régimen constante, consiste de un ciclo de ensayo con 13 modos de operación en régimen constante.

** **Ciclo E.L.R:** Denominado Ciclo Europeo de respuesta en carga, ciclo de ensayo que consiste en una secuencia de 4 límites de rotaciones constante y cargas crecientes de 10 a 100%, para determinación de la opacidad de emisión de escape.

*** **Ciclo E.T.C:** Denominado Ciclo Europeo en régimen transitorio, ciclo de ensayo que consiste en 1.800 modos transitorios, segundo a segundo, simulando condiciones reales de uso. Los motores a gas son ensayados solamente en este ciclo

Nota: N/A: No aplica

Es importante resaltar que la aplicación de la Fase P7 del PROCONVE en Brasil ha presentado algunas dificultades que han impedido cumplir estrictamente con las metas establecidas. En primer lugar, para cumplir con esta normatividad, es necesario utilizar combustible *óleo diesel* de ultra-bajo contenido de azufre (ULSD) y un agente reductor líquido de NOx inyectado en el escape del vehículo, conocido en Brasil como ARLA-32⁵⁰ (Agente Reductor Líquido de Óxido de Nitrógeno Automotriz). A pesar de que tanto el diésel como el ARLA-32 están disponibles en Brasil en cantidades suficientes para atender la demanda, una fracción de los conductores de vehículos pesados han usado estrategias fraudulentas⁵¹ para evitar el uso adecuado del ARLA-32, lo que ha generado emisiones de NOx un 36% más altas que las proyectadas para el año 2030 (FAÇANHA et al., 2016).

En segundo lugar, la norma original del Euro V es poco efectiva en relación al uso de los catalizadores para el control de las emisiones de NOx. Cuando los vehículos pesados (buses y camiones) se conducen a una baja velocidad (generalmente en zonas urbanas), las temperaturas de escape son muy bajas para activar los Catalizadores de Reducción Catalítica Selectiva (*SCR Selective Catalytic Reduction*), los cuales solo funcionan en temperaturas muy altas (entre 300°C-450°C). Estas temperaturas solo se alcanzan en condiciones de laboratorio, por lo cual los catalizadores no pueden mitigar las reducciones de NOx como deberían en “situaciones reales de conducción”. Esta situación fue identificada en diferentes testes implementados en laboratorios de la Unión Europea (FAÇANHA et al., 2016).

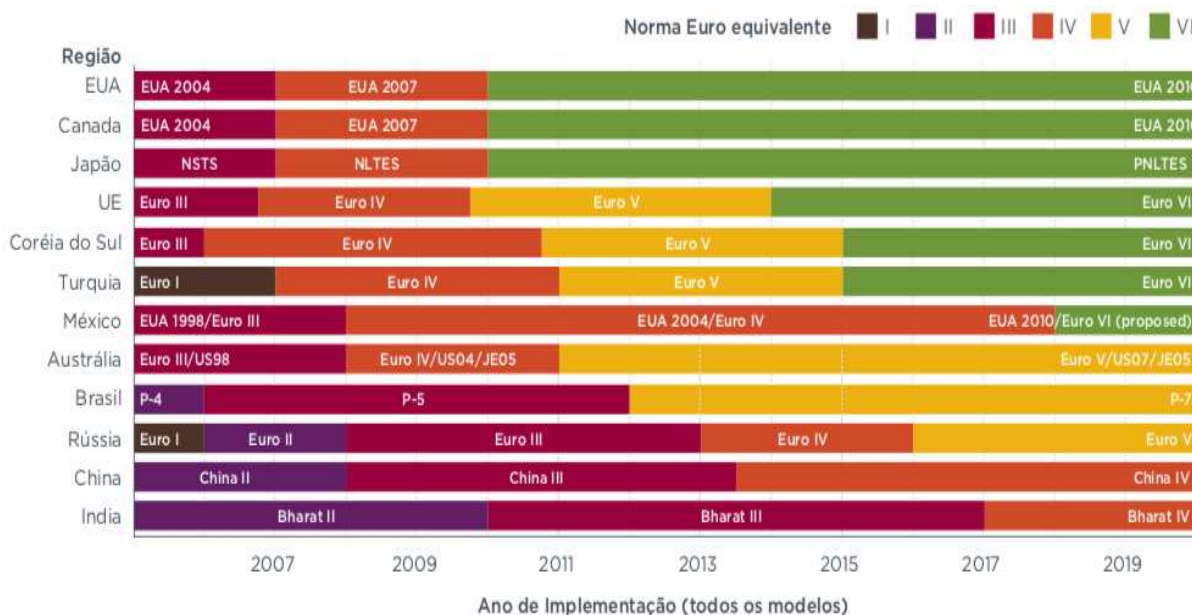
Para resolver estos problemas identificados para las normas Euro V, se hace necesario la transición en el corto plazo para la Fase P8 del PROCONVE, la cual debe estar alineada a las normas Euro VI. La implementación del Euro VI, exige que las empresas automovilísticas reduzcan las emisiones de NOx en un 80% y las de MP en un 50% en comparación con las normas Euro V. Otra de las ventajas de las Normas Euro VI es que obliga a utilizar catalizadores de mejor calidad, incorpora el uso de filtros de partículas más eficientes y mejora los procesos de testes en los laboratorios, los cuales representan mejor las conducciones reales de manejo, principalmente en áreas urbanas, por lo cual se garantiza un verdadero control de las emisiones de contaminantes locales (FAÇANHA et al., 2016).

⁵⁰ El ARLA-32, también es conocido como *DEF* en los Estados Unidos y como *AdBlue* en Europa, está compuesto por 32,5% de urea y 67,5% de agua. El ARLA-32 convierte los Óxidos de Nitrógeno (NOx) en nitrógeno y vapor de agua inofensivos, por lo cual reduce considerablemente las emisiones de NOx (FAÇANHA et al., 2016).

⁵¹ Las estrategias fraudulentas por parte de los conductores, se facilitan porque la Norma P-7 no obligaba a las montadoras de vehículos pesados a la instalación de mecanismos anti-falla que alerten sobre el uso incorrecto del ARLA-32 y que puedan incluso impedir la operación del vehículo.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta para que Brasil pase rápidamente a la Fase P8 del PROCONVE, es que los grandes mercados automovilísticos ya incorporaron la Norma Euro VI, o su equivalente hace varios años, lo cual puede indicar una pérdida de competitividad de los vehículos producidos en Brasil, en los mercados internacionales. Países como Estados Unidos, Canadá y Japón utilizan la norma Euro VI equivalente desde el año 2010. De hecho, cerca de la mitad de todos los vehículos pesados vendidos mundialmente ya cumplen con las Normas Euro VI (FAÇANHA, 2017). En la siguiente figura se presentan los años de implementación de las normas Euro VI (o su equivalente) en países líderes de la industria automovilística.

Figura 2.3 Plazo para implementación de las normas nacionales de control de emisiones para vehículos pesados a diésel



Fuente: MILLER; FAÇANHA, (2016).

Países emergentes como China e India ya anunciaron la incorporación de la Norma Euro VI (o su equivalente) a partir del 2021 y 2020 respectivamente y ciudades como Santiago de Chile, Ciudad de México y Estambul también anunciaron que la nueva flota de sus buses urbanos debe ser Euro VI. Brasil como un importante productor y consumidor de buses urbanos estaría perdiendo una oportunidad estratégica para vender buses adecuados con las normas internacionales. Si Brasil avanza en la adopción de las normas Euro VI también facilitaría el acceso a tecnologías más limpias en el resto de América Latina como Argentina, Chile, Colombia y Perú, que al no ser productores de buses, están alineados al calendario de la industria automovilística brasileña (FAÇANHA, 2017).

El estudio del ICCT “*Análise de custo-benefício da Norma P-8 de emissões de Veículos Pesados no Brasil*”, estimó que en un período de 30 años (2018-2048) la implementación de la Norma P8 generaría beneficios evaluados en USD 74 billones, los cuales están asociados a 74.000 muertes prematuras evitadas por exposición de emisiones de partículas finas ($MP_{2,5}$) en zonas urbanas, 130.000 toneladas de MP ($MP_{2,5}$) evitadas, y otros beneficios no monetizados como 12 millones de toneladas de NO_x evitadas y hasta 350 millones de toneladas de CO_{2e} evitadas (MILLER; FAÇANHA, 2016).

Los costos asociados a la implementación de la fase P8 fueron calculados en USD 7 billones que corresponden a un aumento promedio de USD 2.460 por vehículo, unos R\$ 9.834 a precios de 2015. Estos costos pueden variar de acuerdo al tamaño del motor y corresponde a un porcentaje mínimo del costo total de un vehículo pesado. Así, la relación costo-beneficio sería de 11-1. Es importante tener en cuenta que estos cálculos fueron hechos asumiendo que la implementación de la norma se realizará en el año 2018. Por cada año de atraso en la implementación, se podrían emitir 5 mil toneladas adicionales de $MP_{2,5}$ que ocasionarían 2.500 muertes prematuras adicionales por exposición a $MP_{2,5}$ (MILLER; FAÇANHA, 2016).

Teniendo en cuenta el desfase de la implementación de la Fase P8, el CONAMA y el IBAMA abrieron una Consulta Pública durante el período de Octubre-Noviembre de 2017 para recibir contribuciones relacionadas con la implementación de la siguiente Fase del PROCONVE (en todos los segmentos), la cual estaría alineada a las Normas Euro VI de 2012. Frente a esta propuesta, un número importante de Institutos de Investigación y ONG ambientales han manifestado la urgencia de implementar la Fase P-8 del PROCONVE y han ejercido una presión social importante en torno a la revisión de los Padrones de Calidad del Aire. Se destacan las siguientes organizaciones: Greenpeace, *Rede Nossa São Paulo*, *Instituto*

Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC), *Global Call for Climate Action*, *Rede Bike Anjo*, *Instituto Brasileiro de Proteção Ambiental* (PROAM, 2017), *Associação Paulista De Medicina* (AMP); *Instituto Saúde e Sustentabilidade*, (2018)⁵² y estudios del ICCT *International Council on Clean Transportation* (MILLER; FAÇANHA, 2016) entre otros.

Sin embargo, ni la presión de estas organizaciones, ni los diferentes estudios liderados por centros de investigación prestigiosos que evidencian el impacto de la calidad del aire en la salud, fueron suficientes para hacer una imponer límites de emisiones más restrictivos y acelerar la entrada de una nueva fase del PROCONVE. Es así es como en el mes de Octubre de 2018 el CONAMA votó el texto de la minuta, la cual determinó que el plazo de la implementación de esta nueva fase P8 será a partir del año 2023 y también aprobó los Padrones de Calidad del Aire de acuerdo con la propuesta inicial (Ver Tabla 2.2).

Esto significa que Brasil acumularía un desfase en su normatividad del control de la contaminación del aire por vehículos automotores, frente a la Norma Euro VI, de 11 años con consecuencias negativas en el incremento de concentraciones de contaminantes locales y el aumento de muertes prematuras. Asumiendo las estimaciones del Estudio del ICCT (2016), este atraso generaría 12.500 muertes prematuras adicionales y 25.000 toneladas adicionales de MP_{2,5} en la atmósfera.

En este sentido, las fechas establecidas tanto para la implementación de los Padrones de Calidad del Aire alineados a la OMS (2005), como la Norma P8 del PROCONVE, continuarán generando una inercia tecnológica por parte de los sectores más contaminantes, entre los que se encuentra la industria automovilística, ya que no habría ninguna política ambiental o regulación que los obligue a disminuir sus emisiones de contaminantes locales.

⁵² En Octubre de 2018, la *Associação Paulista de Medicina* (AMP) y el *Instituto Saúde e Sustentabilidade* publicaron el *Manifesto Público da classe médica do Estado de São Paulo “Um minuto de ar limpo”*, donde se posicionan frente a la necesidad de la defensa y salvaguardia de la salud de la población frente a las enfermedades y muertes provocadas por el preocupante cuadro de contaminación del aire de las ciudades del Estado de São Paulo, para lo cual proponen la implementación de los padrones de calidad del aire de la OMS (2005) y la implementación del PROCONVE para el 2020. El *Instituto Saúde e Sustentabilidade* también lideró la publicación del *Manifesto em Defesa dos Padrões de Qualidade do Ar*, donde participaron diferentes ONG ambientales, principalmente de São Paulo y Belo Horizonte (INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE, 2018).

De acuerdo con Entrevistado 20, funcionario de la empresa Mercedes Benz, *“el enfoque de la empresa en Brasil es hacer una migración de todos los vehículos pesados para Euro V [...] la empresa está esperando a que se defina la nueva Fase P8 del PROCONVE para tomar decisiones de inversión, especialmente en Laboratorios de Pruebas más sofisticados. Hasta que no haya una política clara en el país de emisiones y de calidad del aire, no se puede tomar una decisión de tal magnitud”*.

Así, la Calidad del aire y su impacto en la Salud Pública, como un elemento asociado al Paisaje Socio-Técnico, de carácter contradictorio. Por un lado, estudios epidemiológicos a nivel internacional y nacional han evidenciado las consecuencias que la mala calidad del aire puede generar en la salud pública, tanto monetarias como en pérdidas humanas prematuras, principalmente en las grandes ciudades. Esta situación de por sí, ya motivaría mudanzas fundamentales en los regímenes dominantes de la movilidad urbana y del transporte. Sin embargo, el hecho de prorrogar y/o establecer fechas desfasadas, frente a la normativa internacional, tanto de los Padrones de Calidad del Aire de la OMS (2005) y de la Fase P8 del PROCONVE por parte del CONAMA, no está ejerciendo la presión necesaria para promover procesos de transición hacia una movilidad de bajo carbono.

La industria automovilística en Brasil está ejerciendo un *lobby* muy fuerte para frenar la implementación de políticas más rigurosas, con el objetivo de mantenerse en un régimen dominante asociado al uso del diésel y de tecnologías de carácter incremental como el Euro V, las cuales ya fueron eliminadas en los principales mercados automovilísticos. Las características asociadas al Régimen Socio-Técnico dominante, serán analizadas en profundidad en el próximo capítulo.

2.3.5 Eficiencia Energética

La Eficiencia Energética es el conjunto de acciones que tienen como objetivo disminuir el consumo de energía. Cuando se analiza la eficiencia energética de la industria automovilística, el objetivo es reducir el consumo de combustible y en consecuencia, disminuir las emisiones de CO₂. La eficiencia energética es un factor asociado al Panorama Socio-Técnico que ejerce presión para que la industria automovilística sea más eficiente en el consumo de energía y desarrolle tecnologías enfocadas en la reducción de las emisiones de GEI.

A nivel internacional se han definido diferentes padrones para la reducción de consumo energético, que pueden ser expresados en: i) litros de gasolina por 100 kilómetros recorridos (l/100 km); ii) niveles de autonomía expresados en kilómetros por litro de combustible (km/l); iii) niveles de consumo energético expresados en Megajoules por km (MJ/km); iv) padrones de emisiones expresados en gramos de CO₂ por kilómetro (gCO₂/km) (ALMEIDA, 2018).

Una de las regulaciones más representativas de eficiencia energética y de reducción de consumo de combustible a nivel internacional, son los estándares CAFE (*Corporate Average Fuel Economy*). Estos estándares fueron implementados en los Estados Unidos en 1975 y su objetivo inicial era mejorar la eficiencia energética de los vehículos leves y camiones leves (pick-ups, minivans e SUVs) producidos y vendidos en Estados Unidos. Estos estándares se han actualizado de manera permanente, ampliando el alcance de sus objetivos, los cuales contemplan: i) reducir el consumo de petróleo; iii) aumentar la disponibilidad de vehículos de combustibles alternativos; iv) promover el avance de tecnologías innovadores; v) reducir las emisiones de GEI, lo que ayuda a mitigar el cambio climático y mejorar la calidad del aire (US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2018).

Para el caso de la Unión Europea, la Comisión Europea (*European Commission*) establece los objetivos de reducción de emisiones obligatorias para todos los vehículos nuevos vendidos en el mercado europeo, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética, reducir el consumo de combustible y disminuir las emisiones de CO₂ de los vehículos leves. En la siguiente tabla se presentan las metas de eficiencia energética, medidas en gramos de CO₂ por kilómetro (gCO₂/km) de los principales regiones y su comparación con la medida de eficiencia energética definida por el *Programa Inovar-Auto* para el caso de Brasil.

Tabla 2.4 Metas de Eficiencia Energética en países/regiones seleccionadas

País	Período	Programas	Metas de Emisión
Brasil	2012-2017	<i>Programa Inovar Auto</i>	130 gCO ₂ /km
Estados Unidos	2017-2025	CAFE	88 gCO ₂ /km
Europa	2020-2021	Directiva Europea	95 gCO ₂ /km
Japón	2015-2020	<i>Top Runner</i>	115 gCO ₂ /km
China	2016-2020	CAFC	+/- 115 gCO ₂ /km
Noruega	2018-2029	Plan Nacional de Transporte	85 gCO ₂ /km

Fuente: CONSONI et al., (2018).

Como se observa en la tabla, las metas de emisiones de los principales mercados internacionales son mucho más ambiciosas que las establecidas por el Programa *Inovar-Auto*. De hecho, esta meta corresponde a la definida por la Directiva Europea en el año 2015, la cual equivale a un consumo de alrededor de 17,26 kilómetros por litro (km/l) de gasolina y 11,96 (km/l) de etanol, lo que evidencia un desfase frente a las normativas internacionales.

Es importante resaltar que el contexto en que fueron definidos los estándares CAFE y la Directiva Europea fueron diferentes a los del contexto brasileiro. En el caso de los Estados Unidos, la principal motivación del programa CAFE era la seguridad energética, por causa de crisis del petróleo de los años 70. Posteriormente, después de la crisis económica de 2008, el gobierno estadounidense exigió que las empresas automovilísticas redujeran las emisiones de CO₂ de los vehículos producidos y comercializados en el país. En el caso de la Unión Europea, la principal motivación fue la reducción de las emisiones de CO₂, a través de la reducción del consumo de combustible. En Brasil, gracias al descubrimiento del pre-sal, la abundancia de biocombustibles y por la matriz energética limpia, las motivaciones para implementar programas de eficiencia energética, no estaban vinculadas a reducir la dependencia del petróleo y si en mejorar la competitividad de la industria automovilística (COSTA, 2017).

En este contexto, es que surgen las políticas nacionales de Eficiencia Energética⁵³ asociadas a los vehículos automotores en Brasil: *Programa Inovar-Auto* (2012-2017) y el *Programa Rota 2030 Mobilidade e Logística* (2018-2030), los cuales se describen a continuación.

El ***Programa Inovar-Auto “Programa de incentivo à inovação tecnológica e adensamento da cadeia produtiva de veículos automotores” (2012-2017)***, fue instituido por la *Lei Federal No. 12.715/2012* y es regulado por el Decreto Federal No. 7.819/2012. Esta es una de las políticas sectoriales del *Plano Brasil Maior* (2011-2014) y es coordinada por el *Ministério de Industria, Comércio Exterior de Serviços (MDIC)*. Los objetivos principales del *Programa Inovar-Auto* estaban asociados a fomentar la competitividad de la industria automovilística (vehículos leves y vehículos comerciales leves) a través de nuevas inversiones en fábricas, líneas de montaje, ingeniería y de I&D nacional.

⁵³ La eficiencia energética es definida como los niveles de autonomía expresados en kilómetros por litro de combustible (km/l) o niveles de consumo energético en Megajoules (MJ/km), medidos según el ciclo de conducción combinado descrito en la Norma ABNT NBR 7024:2010 y según las instrucciones normativas complementares del Instituto Brasileiro del Medio Ambiente IBAMA para vehículos eléctricos e híbridos (BRASIL, 2012).

En relación al estímulo de la eficiencia energética, el objetivo principal era igualar el consumo energético de los automóviles producidos en el país a los existentes en otras regiones del mundo. Con esto, se espera que las emisiones de CO₂ emitidas por los vehículos fabricados en Brasil, sean coherentes con los compromisos adquiridos por el país para reducir sus emisiones de GEI. Por esta razón, los motores fabricados en Brasil deben incorporar mejores tecnologías y procesos de fabricación innovadores que disminuyan el consumo de combustible, como ya ocurre en los países europeos, asiáticos y norteamericanos. Estas innovaciones no se habían incorporado en el país, porque no existía una regulación y porque los consumidores no eran exigentes, y por lo tanto no demandaban este tipo de tecnología (MARX; DE MELLO, 2014).

El Programa determina una serie de metas y exigencias de eficiencia energética que son compensadas con estímulos e incentivos gubernamentales. La meta establecida como obligatoria, era que todas las empresas habilitadas en el *Programa Inovar Auto* aumentaran su eficiencia energética en 12,08% para el año 2017, en relación a los vehículos producidos en el país en el año 2011. Además de la meta obligatoria, se establecieron “metas desafiantes” de eficiencia energética, que las empresas podían alcanzar para obtener reducciones en el IPI (*Imposto sobre Produtos Industrializados*). Para obtener la reducción de un punto porcentual del IPI se debía alcanzar una eficiencia energética de 15,4% y para alcanzar una reducción de dos puntos porcentuales del IPI, se debía alcanzar la meta de 18,8%. Es importante resaltar que las reglas se aplican para las empresas ya instaladas en el país y para las que tienen proyectos de inversión o comercializan vehículos en el país.

Además, de los vehículos leves y comerciales leves a gasolina, el MDIC, a través de la *Portaria No. 74 del 25 de Marzo de 2015* estableció incentivos adicionales para vehículos con nuevas tecnologías de motorización que incluyen: vehículos híbridos, vehículos híbridos *plug-in*, vehículos eléctricos con autonomía extendida, vehículos eléctricos a batería y vehículos a célula de combustible. También se establecieron incentivos a los vehículos que utilicen combustible etanol hidratado, dedicado o *flex* (MDIC, 2015).

El plazo de implementación de *Inovar-Auto* terminó en el 2017 y de acuerdo con lo reportado por el MDIC, todas las empresas habilitadas consiguieron alcanzar la meta de eficiencia energética de 12,08%, por lo tanto ninguna fue multada. Ocho empresas consiguieron la meta de 15,46%: Honda, Mercedes Benz, Grupo PSA (Peugeot-Citroën), Renault, Toyota, Volkswagen, Nissan y Audi. Solo dos empresas: General Motors y Ford

consiguieron la meta de 18,8%, lo que les dio derecho a una reducción de dos puntos porcentuales del IPI. Así, el aumento de la eficiencia energética en promedio en el período del Programa fue de 15,46%, lo que significó una reducción de emisiones de CO₂ de 16%, que equivale a 737,4 mil toneladas de CO₂ por año menos en la atmósfera y una economía de combustible de 370,78 millones de litros (OLIVEIRA, 2018).

Las tecnologías que adoptaron las empresas para disminuir el consumo de combustible y así cumplir los requisitos de eficiencia energética se enfocaron en: i) mejorar la eficiencia de los motores, por ejemplo a través del uso de motores de tres cilindros y soluciones específicas para motores *flex-fuel*; ii) implementación de sistemas *start-stop*, los cuales apagan el motor cuando el carro queda parado, por ejemplo en un semáforo; iii) llantas (*pneus*) verdes, que utilizan nuevos materiales para tener una baja resistencia al rodamiento; iv) tecnologías para disminuir el peso del vehículo, por ejemplo a través del uso de materiales más livianos⁵⁴, entre otras (OLIVEIRA, 2018).

Existen diferentes apreciaciones en relación a los resultados del Programa *Inovar Auto*. A nivel general, se logró cumplir con la meta establecida de eficiencia energética de 12,08%, que probablemente no se hubiera conseguido sin que existiera la exigencia obligatoria por parte del MDIC. Sin embargo, en relación a los resultados relacionados al fortalecimiento de la I&D e ingeniería local, estos no fueron tan evidentes, principalmente, porque no se establecieron reglas claras desde el principio para direccionar y desarrollar proyectos nacionales de I&D en eficiencia energética y hacerle seguimiento a los mismos (IBUSUKI et al., 2018).

Las metas de eficiencia energética definidas por el *Programa Inovar Auto* han sido consideradas como poco desafiantes, y muchas de las empresas lograron alcanzarlas apenas con la implementación de tecnologías de eficiencia energética de carácter incremental, las cuales fueron importadas de sus casas matrices (IBUSUKI et al., 2018).

A pesar de que se establecieron ventajas adicionales para vehículos eléctricos e híbridos, estas no se reflejaron en el desarrollo local de estas tecnologías de propulsión alternativa de carácter radical, lo que contribuye a la inercia de la industria automovilística

⁵⁴ La reducción del peso de un vehículo es importante para mejorar la eficiencia energética, ya que se necesitaría menos energía para impulsar el vehículo. La reducción de un 5% en el peso de un vehículo, puede mejorar la eficiencia energética en hasta un 3% (U.S DOE, 2018).

brasileira y al reforzamiento del *lock-in* del régimen socio-técnico dominante asociado a los vehículos con MCI y al uso de combustibles fósiles.

Otra de las debilidades del *Programa Inovar Auto*, es que al tener un enfoque en vehículos leves y vehículos comerciales leves, se dejaron de lado metas de eficiencia energética para vehículos pesados como buses urbanos y camiones de gran tamaño, los cuales contribuyen con gran parte de las emisiones de contaminantes locales en áreas urbanas. Además, la cadena de autopartes y componentes tampoco fue priorizada, lo cual genera una pérdida de competitividad de la industria automovilística brasileña como un todo.

Con el fin de dar continuidad al *Programa Inovar Auto* que terminó en el 2017, el MDIC lideró la construcción de una nueva política para el sector automovilístico que ha sido denominada ***Programa Rota 2030 Mobilidade e Logística (2018-2023)***, la cual quedó instituida por el *Decreto No 9.557, de 8 de Novembro De 2018*. Este decreto “*establece requisitos obligatorios para la comercialización de vehículos en Brasil, instituye el Programa Rota 2030-Mobilidade e Logística y dispone sobre el Régimen tributario de autopartes no producidas*” (BRASIL, 2018).

El *Programa Rota 2030- Mobilidade e Logística*, de entrada con el nuevo nombre que fue definido, denota una nueva mirada de la industria automovilística, cuya función ya no está vinculada únicamente a la fabricación de vehículos, sino que debe analizarse en un contexto más amplio de movilidad urbana y de su impacto en el medio ambiente. El Decreto define la movilidad como: “*condiciones de desplazamiento, accesibilidad o inclusión de personas en es espacio geográfico que involucren una o más de las siguientes modalidades: i) por medio de vehículos en la ciudad y en las carreteras; ii) transporte público; iii) transporte individual*” (BRASIL, 2018).

El objetivo principal es: “*apoyar el desarrollo tecnológico, la competitividad, la innovación, la seguridad vehicular, la protección al medio ambiente, la eficiencia energética y la calidad de los automóviles, camiones, buses, chasis con motor y autopartes*” (BRASIL, 2018).

En este sentido la Rota 2030, mantiene el espíritu del *Programa Inovar Auto*, en mejorar la competitividad, innovación y eficiencia energética de la industria automovilística, pero con un enfoque más amplio que contempla el segmento de camiones, buses y autopartes dentro de un contexto de movilidad y logística, los cuales habían sido descuidados en la anterior política. Las directrices del Programa Rota 2030 contemplan (BRASIL, 2018):

- i) incrementar la eficiencia energética, el desempeño estructural y la disponibilidad de tecnologías asistidas a la dirección de vehículos comercializados en el país;
- ii) aumentar las inversiones en Investigación, Desarrollo e Innovación;
- iii) estimular la producción de nuevas tecnologías e innovaciones, de acuerdo con las tendencias tecnológicas globales;
- iv) automatizar el proceso de manufactura y el incremento de la productividad de las industrias para la movilidad y logística;
- v) promover el uso de biocombustibles y de formas alternativas de propulsión y valorizar la matriz energética brasileña;
- vi) integrar la industria automovilística brasileña a las cadenas globales de valor.

El *Programa Rota 2030* podría constituirse en un avance frente al *Programa Inovar Auto*, ya que contempla estímulos más específicos para la implementación de tecnologías de baja emisión y de mejor eficiencia energética, como vehículos híbridos y eléctricos y de autopartes en todos los segmentos. Por ejemplo: *“contempla estímulos a las empresas que tengan un proyecto de inversión relativo a la instalación, en el país, de una línea de producción de vehículos con tecnologías de propulsión alternativas a la combustión”* (BRASIL, 2018). Además, determina la creación de un *“grupo técnico de electromovilidad, para la discusión de estrategias para la movilidad eléctrica en el país y la proposición de un Plan Nacional de Electromovilidad”*. Es la primera vez que queda establecido en una política pública de carácter nacional el tema de la movilidad eléctrica como un tema estratégico para el desarrollo de capacidades locales.

En relación a los programas e inversiones en I&D local y desarrollo tecnológico, el Programa Rota 2030, estimula la realización de alianzas estratégicas con instituciones científicas, tecnológicas y de innovación ICTs, entidades brasileñas de educación y empresas públicas que apoyen empresas de base tecnológica, con enfoque en el desarrollo y sustentabilidad industrial y tecnológica para la movilidad y logística.

Además, instituye tres órganos de acompañamiento a los resultados del programa (BRASIL, 2018).:

- i) Consejo Gestor: Se encargará de gestionar los recursos destinados en proyectos de I&D e innovación y los programas prioritarios de apoyo al desarrollo industrial y tecnológico para el sector automotivo y su cadena de producción.
- ii) Grupo de Acompañamiento al Programa Rota 2030, compuesto por representantes del *Ministério de Fazenda MF*, *MDIC* y *Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações MCTIC*.

iii) Observatorio Nacional de las Industrias para Movilidad compuesto por representantes de la administración pública federal, sector empresarial, trabajadores y comunidad científica, para monitorear los impactos del programa.

La creación de estos órganos, pretende solucionar la debilidad identificada en el *Programa Inovar- Auto* en relación al seguimiento de los resultados de los proyectos de I&D local y los resultados del programa en general.

En relación a las autopartes y componentes no producidos en el país, el Artículo 34 contempla que: “*quedan exentos del Impuesto sobre la importación de productos extranjeros, las partes, piezas, componentes, conjuntos y subconjuntos, acabados, semi-acabados y neumáticos, nuevos, sin capacidad de producción nacional equivalente, destinados a la industrialización de productos automotivos*” (BRASIL, 2018). Estos productos deberán ser integralmente aplicados a la industrialización de productos automotivos en un plazo de tres años.

Esta medida facilita la importación de componentes para la fabricación de baterías litio-ion como sensores, controladores, células de litio, sistemas de recarga, BMS (*Battery Management System*), de los cuales no hay producción local. En un primer momento, teniendo en cuenta el plazo de tres años, esta medida puede ayudar a estimular la fabricación local de vehículos con tecnologías de propulsión alternativa, pero se espera que en un segundo momento, los programas de I&D estimulen las capacidades locales de producción de este tipo de componentes.

Así, el *Programa Rota 2030*, puede ser considerado como un avance en la formulación de políticas industriales, ya que tiene una visión más amplia del papel de la industria automovilística en la movilidad, logística, y mismo en el impacto que puede tener en la sociedad y en el medio ambiente. El hecho de contemplar beneficios específicos para las empresas que desarrollen nuevas tecnologías de propulsión, facilitar la importación de componentes sin producción local, como las baterías litio-ion, y el establecimiento de un programa específico para la electromovilidad, podría ejercer una presión positiva para el estímulo de innovaciones de nicho radicales, como los buses de baja emisión, los cuales hacen parte de una solución estratégica para la movilidad urbana.

2.3.6 Re-direccionamiento estratégico de la industria automovilística y *Diesel Gate*

Las políticas relacionadas con la mitigación y adaptación al Cambio Climático y de calidad del aire y las metas de emisión definidas como obligatorias para la industria automovilística, han manifestado la urgente necesidad de descarbonizar el transporte y hacer procesos de transición hacia sistemas de movilidad de bajo carbono. Esta preocupación fue manifestada explícitamente en la COP-21 con la declaración “*Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action*”, la cual plantea que es preciso desarrollar ecosistemas de movilidad eléctrica que abarquen diferentes modos de transporte, junto con la producción de bajo carbono de electricidad e hidrógeno, aplicando los principios de transporte sostenible (UNFCCC, 2015b).

El informe del IPCC (2018), reitera esta necesidad argumentando que para mantener un escenario de 1,5° C, es imprescindible una reducción de casi el 40% en el uso final de energía por parte del sector transporte para 2050. Para alcanzar esta meta se requieren soluciones tecnológicas, como la implementación de tecnologías eléctricas y/o híbridas y el uso de combustibles alternativos, y soluciones no tecnológicas, como el estímulo a nuevos modales de transporte, principalmente transporte público colectivo y transporte activo.

Las presiones ambientales por descarbonizar el transporte, han impulsado cambios en la Industria Automovilística, tales como: el desarrollo de nuevas y más eficientes tecnologías de motorización y desarrollo de productos, nuevos modelos de negocio, integración en cadenas de suministro globales y articulación con nuevos actores (*players*), principalmente del sector eléctrico-electrónico (MARX et al., 2014).

Aunque las principales empresas automovilísticas tradicionales, han realizado inversiones importantes en I&D para fabricar vehículos eléctricos y/o híbridos e incluso ya tienen modelos comerciales en el mercado, aún persisten actividades productivas al interior de la industria enfocadas en el desarrollo de innovaciones de carácter incremental de los vehículos con MCI, como por ejemplo la incorporación de las Normas Euro. Esto puede indicar una cierta “inercia” de la industria, que hace que el ritmo del cambio dentro del régimen dominante sea lento y gradual (MARX et al., 2014; WELLS; NIEUWENHUIS; ORSATO, 2012).

Sin embargo, el escándalo conocido como *Diesel Gate* fue un acontecimiento no previsible y que puede ser considerado como un choque externo (asociado al Panorama Socio-Técnico), el cual aceleró el proceso de direccionamiento estratégico de la industria

automovilística y su transición hacia la incorporación de tecnologías híbridas y eléctricas, las cuales no hacen parte del régimen dominante.

Este escándalo salió a la luz pública en el año 2015, cuando la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos US EPA (*United States Environmental Protection Agency*), a partir de una investigación realizada por el ICCT (*International Council on Clean Transportation*), comprobó que el Grupo Alemán Volkswagen había instalado ilegalmente un software en los motores diésel de sus automóviles para alterar los resultados de las pruebas de emisiones. Este software ilegal identificaba el momento en que los vehículos eran sometidos a pruebas de laboratorio y alteraba los resultados de las mismas. Las pruebas realizadas en los mismos vehículos en movimiento identificaban que las emisiones de Óxido de Nitrógeno (NOx) eran 40 veces más altas que las permitidas por la legislación estadounidense “*Clean Air Act*” (BRAND, 2016).

El descubrimiento de este fraude le ocasionó grandes pérdidas al Grupo Volkswagen, quienes admitieron que este dispositivo fue instalado en más de 11 millones de vehículos a diésel en todo el mundo, lo que los obligó a pagar una multa multimillonaria y a hacer un *recall* de un número importante de vehículos, generando una imagen negativa y la pérdida de confianza en una de las empresas más tradicionales de la industria automovilística.

Pero las consecuencias del *Diesel Gate*, no fueron únicamente para Volkswagen, sino para la industria automovilística en general. Una vez identificada la diferencia significativa en el número de emisiones de los vehículos a diésel, calculadas en las pruebas de laboratorio y en las condiciones reales de manejo, se comprobó que empresas como Mercedes Benz, Honda, Mazda, Mitsubishi, Renault-Nissan, Hyundai, Citroën, Fiat, Jeep, Volvo, también excedían los estándares de emisiones de NOx y que utilizaban este tipo de dispositivos ilegales para alterar los resultados y cumplir con la normatividad (ANDERSEN; UPHAM; AALL, 2018).

Esto generó una caída generalizada de las ventas de vehículos a diésel a nivel mundial, principalmente en los mercados europeos y la eliminación progresiva de los subsidios al diésel, los cuales se justificaban porque se suponía que un vehículo a diésel emitía entre 15% y 20% menos que los vehículos a gasolina (BRAND, 2016; ICCT, 2018).

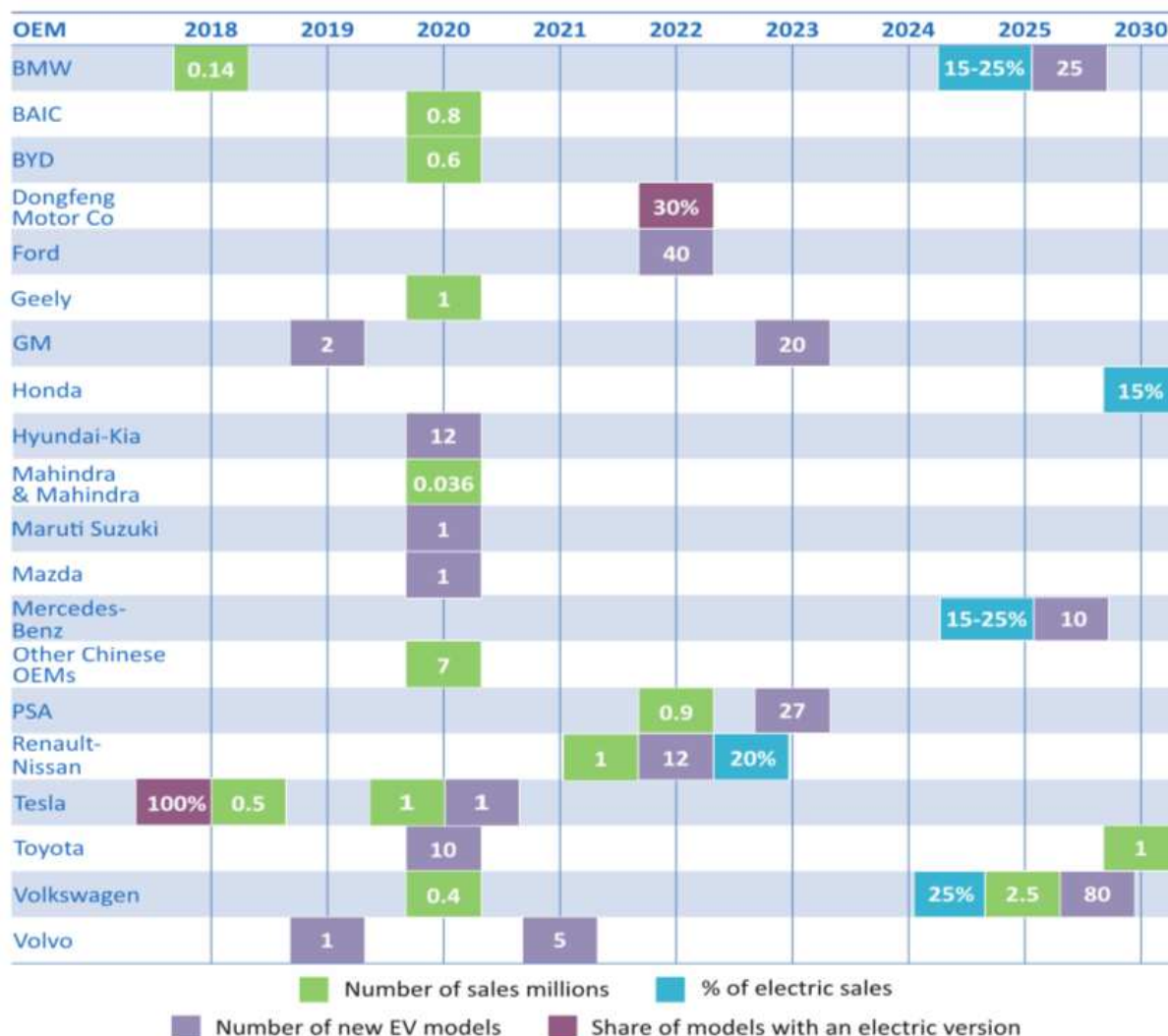
El *Diesel Gate* es un caso típico de resistencia del régimen dominante, en el que los actores de la industria automovilística quieren mantener el *status quo* y la dependencia de la trayectoria de los vehículos con MCI que utilizan combustibles fósiles, incluso a través de

técnicas ilegales como las evidenciadas por el *Diesel Gate*. El debate está abierto en torno a que las innovaciones de carácter incremental ya no son suficientes para cumplir las metas de reducción de emisiones, o si se estas se implementan son cada vez más costosas lo que reduce la competitividad de la industria y las obliga a buscar nuevas tecnologías. Estos cuestionamientos indica que ya es el momento de acelerar el proceso de transición hacia tecnologías de bajo carbono que involucren innovaciones radicales como los vehículos eléctricos.

El efecto del *Diesel Gate* ha impulsado el replanteamiento de la estrategia global de las empresas más tradicionales de la industria automovilística, quienes ya manifestaron su intención de abandonar la producción de vehículos con motor a diésel y de acelerar la producción de vehículos híbridos y/o eléctricos. Este es el caso de las empresas alemanas *Porsche* y *Volvo* que anunciaron que para el año 2019 todos sus vehículos tendrán motores eléctricos; *Toyota* va a dejar de vender carros a diésel en Europa a partir del 2018; *Fiat Chrysler Automobiles*, *BMW* y *Jaguar Land Rover* prevén dejar de comercializar vehículos a diésel a partir del 2020 y producir sus modelos en versión híbrida y eléctrica.

En la siguiente figura se representan algunos de los anuncios realizados por las principales OEM (*Original Equipment Manufacturer*), las cuales pertenecen tanto al régimen dominante como al nicho, en relación a la comercialización y expectativas de ventas de vehículos híbridos y/o eléctricos. Por ejemplo, para el caso de *BMW*, en el año 2018 el número de ventas por millón de VE corresponde a 0,14%, y que quiere aumentar su participación de ventas de VE entre el 15-25% para el 2025, con 25 nuevos modelos totalmente eléctricos. *General Motors* anunció 2 nuevos modelos de VE para el 2019 y al 2023 tiene la intención de tener 20 nuevos modelos en el mercado.

Figura 2.4. Anuncios de las principales OEM relacionados con la comercialización de vehículos híbridos y/o eléctricos



Fuente: IEA, (2018)

Como resultado tanto de las políticas ambientales de cambio climático y de calidad del aire, como de las consecuencias derivadas del *Diesel Gate*, un número importante de países están estableciendo metas para que en el mediano plazo (15-20 años) sea prohibida la fabricación y comercialización de vehículos con MCI que usen combustibles fósiles, principalmente diésel y gasolina. Países como China y Alemania, líderes de la industria automovilística también están evaluando esta posibilidad, pero aun no han definido una fecha específica. Se espera que Alemania⁵⁵ establezca el año 2040, para estar alineado con las fechas establecidas por Francia y Reino Unido.

⁵⁵ Aunque Alemania aún no se ha comprometido con una fecha específica para prohibir el uso de vehículos con MCI, ya está adelantado acciones en torno a la gratuidad del transporte público para reducir las emisiones de GEI y de contaminantes locales. El gobierno Alemán propuso a la Comunidad Europea implementar el

Para el caso de Brasil, fue anunciado el proyecto de ley PLS No. 454/2017, que propone la prohibición gradual de la comercialización de vehículos a combustión en Brasil. Esta prohibición comenzaría en el año 2030 cuando 90% de los vehículos podrán ser con MCI. Este porcentual disminuirá gradualmente, pasando para 70% en 2040, 10% en 2050 y finalmente la prohibición será total para el año 2060 (DIÁRIO DO TRANSPORTE, 2018a).

Está propuesta aunque aun es poco desafiadora, evidencia la necesidad de implementar tecnologías eléctricas y/o híbridas en la industria automovilística brasileña, las cuales han estado enfocadas principalmente en innovaciones incrementales relacionadas con la eficiencia energética, tal y como se evidenció en el *Programa Inovar-Auto*. En el siguiente cuadro se presentan los plazos establecidos por los países para la prohibición de ventas de vehículos con MCI.

Cuadro 2.3. Anuncios de los países sobre la prohibición de ventas y uso de vehículos con MCI (diésel y gasolina)

País	2025	2030	2032	2040	2050	2060
Noruega	✓					
Austria		✓				
Eslovenia		✓				
Holanda		✓				
India		✓				
Irlanda		✓				
Israel		✓				
Escocia			✓			
Francia				✓		
Reino Unido				✓		
Sri Lanka				✓		
Taiwán				✓		
Estados Unidos ⁵⁶ (algunos estados)					✓	
Brasil						✓

Fuente: Elaboración propia a partir de ICCT, (2017); IEA, (2018); QUARTZ, (2018).

Aunque no se puede afirmar que todo el proceso de re-direccionamiento estratégico de la industria automovilística puede ser atribuido al escándalo del *Diesel Gate*, este evento si contribuyó en parte a acelerar este proceso y a abrir el debate en torno al uso del diésel, y a que las innovaciones incrementales sobre la misma base tecnológica del vehículo con MCI, tienen un límite.

Transporte Público Gratuito en una experiencia piloto en 5 ciudades alemanas: Bonn, Mannheim, Reutlingen y Herrenberg.

⁵⁶ Los estados que van a prohibir el uso de vehículos con MCI a partir del 2050 son: California, Connecticut, Maryland, Massachusetts, New York, Oregon, Rhode Island y Vermont.

En este sentido, para el caso de Brasil, se hace necesario acelerar la implementación de innovaciones de carácter radical como tecnologías de movilidad eléctrica y/o de baja emisión en todos los segmentos del transporte, desde los vehículos individuales hasta el transporte público colectivo, como los buses. Estas posibilidades se explorarán en detalle en el Capítulo 4 que corresponde a las Innovaciones de Nicho.

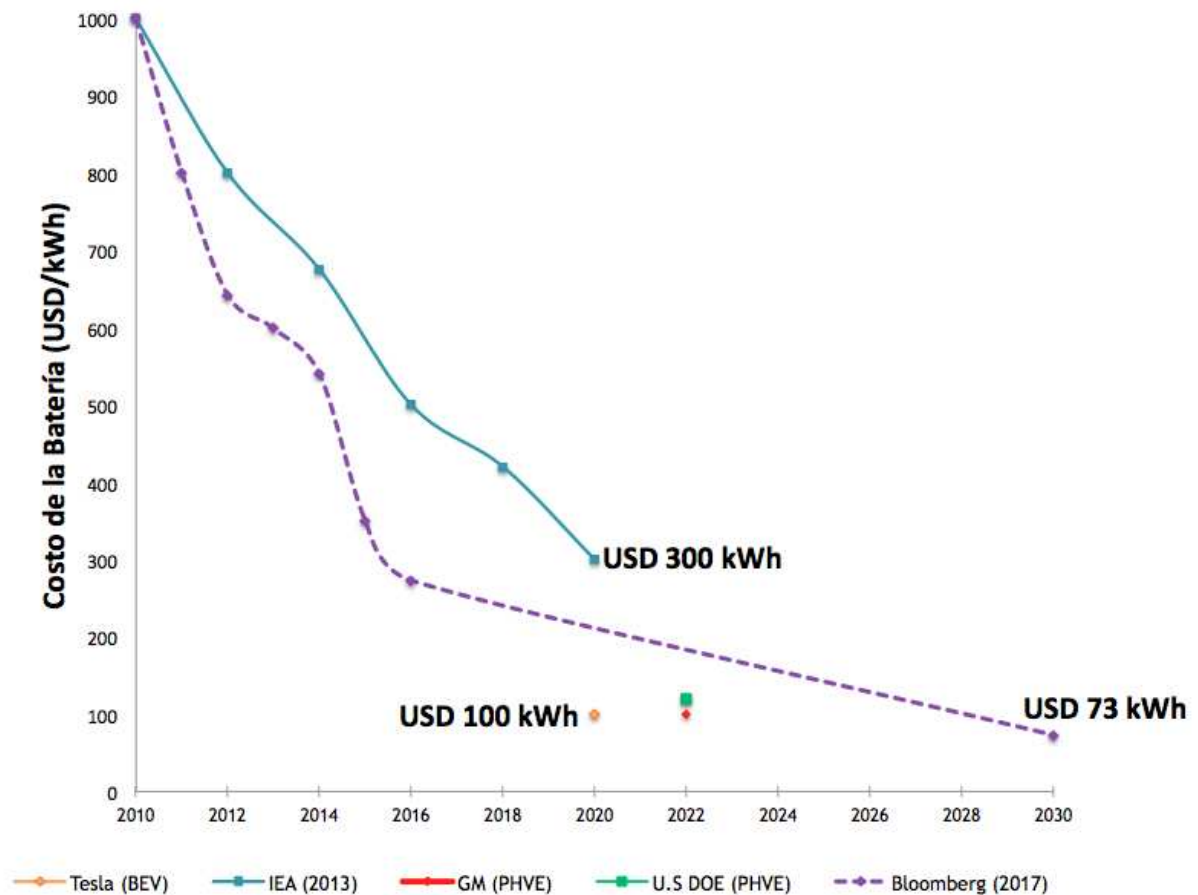
2.3.7 Disminución del precio de las baterías litio-ion para vehículos eléctricos y/o de baja emisión

Finalmente, un aspecto de carácter tecnológico que también está presionando la modificación de los sistemas dominantes de movilidad urbana, es la disminución del precio de las baterías litio-ion para uso en vehículos eléctricos (VE) y/o de baja emisión. Esto se debe a que las baterías son el elemento más importante y de mayor costo en la cadena de valor de los VE. Las baterías representan un tercio (1/3) del costo de un vehículo eléctrico, razón por la cual la disminución de su precio, el incremento de su densidad energética y su producción a gran escala son factores clave para la consolidación del mercado de los VE, que incluye a los buses de baja emisión, los cuales son considerados como una innovación de nicho.

Estudios de la *International Energy Agency* (IEA, 2013, 2017) y de diversas empresas de consultoría (BLOOMBERG, 2016 2017; MCKINSEY, 2017; THE BOSTON CONSULTING GROUP, 2010), han estimado una rápida disminución de los costos de las baterías litio-ion para VE. Por ejemplo la IEA (2013) previa que en el año 2020 el costo de la batería sería de US\$300 por kWh (Kilovatio hora). Eran previsiones optimistas para la época, teniendo en cuenta que en el 2010 los costos de las baterías litio-ion para VE eran de US\$1.000 (kWh). Sin embargo, ya en el 2016 el precio estaba en US\$273 (kWh) lo que representó una reducción de 73% en los últimos años. El US DOE (*United States Department of Energy*) señala una reducción del precio de US\$120 (kWh) en el 2022 y el informe de Bloomberg, (2017) prevé que para el año 2030, los costos de las baterías lleguen a US\$73 (kWh).

Por su parte, las empresas automovilísticas también tienen sus propias perspectivas de reducción, por ejemplo Tesla indicó que el costo de sus baterías llegará a US\$100 (kWh) en 2020 y la General Motors afirmó que alcanzará este mismo costo en el 2022 (IEA, 2017b). En la siguiente figura se representan los costos estimados de las baterías litio-ion para vehículos eléctricos para 2020, 2022 y 2030.

Figura 2.5 Costos estimados de las baterías litio-ion para vehículos eléctricos (2020-2022-2030)



Fuente: Elaboración propia a partir de BLOOMBERG, (2017); IEA (2013, 2017b); MCKINSEY, (2017).

Si se mantiene este ritmo de caída en el costo de las baterías, se puede dar una paridad de los precios entre un vehículo con MCI y los vehículos híbridos y eléctricos de segmentos similares, que incluyen a los buses de baja emisión (MCKINSEY, 2017).

Este proceso está siendo acompañado por la implementación de políticas de I&D por parte de países líderes en la industria automovilística que tienen como objetivo estimular nuevas combinaciones de las químicas de las baterías y fomentar su producción a gran escala. Algunas de estas políticas más representativas se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 2.4 Políticas de I&D para el desarrollo de baterías litio-ion

País	Políticas de I&D para el desarrollo de baterías litio-ion
Estados Unidos	<i>Advanced Technology Manufacturing Loan Program (ATVM) (2007)</i> : Otorgó créditos a diferentes empresas automovilísticas, entre ellas <i>Tesla Motors</i> (US\$465 millones) para estimular el desarrollo de VE y de baterías litio-ion. <i>American Recovery and Reinvestment Act</i> : Financió proyectos de I&D por más de US\$2.000 millones para 30 fábricas de baterías, con el objetivo de estimular el desarrollo y fabricación nacional de materiales y componentes para baterías litio-ion. Este proyecto fue coordinado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos (U.S DOE).
Japón	<i>New Sunshine Programme (1992)</i> : Programa de I&D en células de combustible. <i>Next Generation Vehicle Strategy (2010)</i> : Invirtió cerca de 50 millones de dólares para la promoción de una mayor capacidad y menor costo de las baterías litio-ion y el desarrollo de nuevas químicas de baterías. <i>Excellent Advanced Batteries Development Project (2009-2015)</i> : Invirtió cerca de 33 millones de dólares por año para el desarrollo de baterías de nueva generación.
China	<i>863 Program</i> : Este es uno de los principales proyectos de I&D en China, el cual está alineado a los Planes Nacionales de Desarrollo Económico (<i>National Five-Year Plan</i>), que son elaborados cada 5 años. En el marco de estos planes, desde el 2011 se han destinado recursos importantes para el desarrollo de baterías litio-ion. Por ejemplo, para el período 2011-2020 fueron destinados US\$ 26 millones exclusivamente para apoyar el desarrollo de baterías litio-ion.
Alemania	<i>Lithium-Ion Battery (2015)-BMBF Innovation Alliance</i> : Este proyecto creó un consorcio de empresas que se comprometieron a invertir 360 millones de euros en I&D para el desarrollo de baterías litio-ion. <i>R&D Lighthouse/Flagship Projects</i> : Este proyecto tiene como objetivo promover el liderazgo de Alemania en tecnologías de baterías litio-ion, con un enfoque de innovación abierta.
Francia	<i>Program for Environmental Friendly Vehicles (EFV) (2003)</i> : Alianza entre el gobierno francés y empresas automovilísticas para desarrollar proyectos de P&D en vehículos eléctricos/híbridos y baterías litio-ion.

Fuente: Elaboración propia a partir de CONSONI et al., (2018).

Además de estos estímulos, empresas automovilísticas han realizado alianzas estratégicas con empresas del sector eléctrico-eléctrico para el desarrollo de baterías litio-ion para vehículos eléctricos. Se destaca el acuerdo entre Panasonic y la empresa norteamericana Tesla Motors para la construcción de la Gigafactory en Nevada (EE.UU) para producir baterías de litio-ion con mayor volumen (35 GWh al año) y con un costo menor (30% menos que su modelo anterior), lo que corresponde a una reducción anual de 7%. “Panasonic ocupará aproximadamente la mitad de la fábrica para la producción de células cilíndricas de litio-ion y Tesla utilizará estas células para fabricar módulos de baterías para VE y aplicaciones estacionarias” (TESLA, 2014).

Para el caso de Brasil, la empresa *Baterías Moura* creó un área de negocios dedicada exclusivamente a las baterías litio-ion con un enfoque de producción y comercialización para buses, camiones, vehículos híbridos y eléctricos, vehículos industriales y sistemas de almacenamiento de energía. Además, el *Programa de Veículos Eléctricos* de la empresa Itaipu Binacional, está desarrollando proyectos de investigación en baterías de sodio para VE, buscando la producción local de las mismas. El costo de las baterías de litio, también abren la posibilidad de nuevos modelos de negocios, como el leasing de baterías. Estas iniciativas se abordarán en detalle en el Capítulo 4 que corresponde a las innovaciones de nicho.

2.3.8 Consideraciones sobre el Panorama Socio-Técnico

Una vez analizados los factores del Panorama Socio-Técnico a nivel mundial, es posible identificar que la complementariedad entre elementos sociales, tecnológicos, políticos, económicos y culturales ejercen influencia en el proceso de transición socio-técnica hacia una movilidad de bajo carbono.

Cuando estos elementos son abordados en Brasil a través de la implementación de políticas y programas, se evidencia que las diferencias del contexto territorial y socio-económico son determinantes para establecer las posibles rutas del proceso de transición socio-técnica, en este caso la transición hacia una movilidad de bajo carbono.

Aunque existe un alineamiento de las motivaciones entre las políticas internacionales y nacionales, específicamente en la preocupación ambiental por las consecuencias del cambio climático, la calidad del aire, el impacto en la salud y el control de las emisiones de contaminantes de los vehículos automotores, el grado de rigurosidad presenta diferencias importantes.

A nivel internacional, políticas desafiantes asociadas al establecimiento de Padrones de Calidad del Aire (OMS, 2005) y metas de límites de emisión de GEI y contaminantes locales, como las Normas Euro, consiguieron ejercer una presión importante en la industria automovilística. Acontecimientos inesperados como el *Diesel Gate*, evidenciaron que las innovaciones incrementales sobre la misma base tecnológica del MCI, tienen un límite para cumplir con las metas establecidas. En este sentido, gran parte de la industria automovilística está comenzando a transitar sobre la ruta de la movilidad eléctrica, impulsando innovaciones radicales y en algunos casos abandonando la producción de vehículos a diésel y gasolina.

El contexto para el caso de Brasil es diferente. El direccionamiento de sus políticas públicas en estos aspectos, impuso metas tímidas y desfasadas de las normativas internacionales, lo que refuerza el sistema socio-técnico dominante basado en el MCI, lo que promueve la inercia de la industria automovilística.

Así, la industria automovilística brasileña, consigue alcanzar las metas de emisiones a través de innovaciones de carácter incremental, sobre la misma base del conocimiento, lo cual fue evidente en el *Programa Inovar-Auto*. Al no tener desafíos tecnológicos y de I&D por alcanzar, la industria automovilística no se ve motivada a estimular el desarrollo de innovaciones de nicho. Sin una política nacional que los obligue, la industria por si sola no se verá motivada a mejorar sus procesos productivos, específicamente en lo relacionado al control de emisiones.

Sin embargo, si la industria automovilística brasileña quiere mejorar su competitividad e integrarse a cadenas globales de valor, podría repensar su estrategia y alinearse con las tendencias de la industria a nivel internacional, que ya están transitando hacia tecnologías eléctricas y/o de baja emisión. El hecho de seguir fabricando vehículos con tecnologías que cumplen con normas desfasadas como las Euro V, hace que la industria automovilística pierda competitividad en mercados regionales. Específicamente, para el caso de los buses, la implementación de las Normas Euro VI, e incluso la fabricación de buses de baja emisión, permitiría que la industria nacional pueda atender el mercado de países como Argentina, Chile, Colombia y México que ya están exigiendo estas normas de baja y cero emisión en la flota de sus buses urbanos.

El *Programa Rota 2030-Mobilidade e Logística* es una política que podría estimular estos cambios en la industria automovilística, ya que no solo contempla la eficiencia energética, sino que también estimula la producción de nuevas tecnologías e innovaciones de acuerdo a las tendencias tecnológicas globales y por primera vez, es explícito en la promoción de la movilidad eléctrica.

Otro aspecto fundamental asociado al contexto brasileño, es la importancia que tienen los biocombustibles para la economía, la sociedad y como una opción tecnológica para el control de las emisiones de GEI. Hay una agenda de gobierno clara en relación al estímulo de biocombustibles, la cual se evidencia en las políticas de mitigación del cambio climático, políticas sectoriales como RenovaBio, el *Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Energias Renováveis e Biocombustíveis* y políticas de eficiencia energética como el Programa Rota 2030.

En este contexto, cuando se piensan en innovaciones de nicho que consigan estimular el proceso de transición hacia una movilidad de bajo carbono, es importante considerar la articulación entre tecnologías de propulsión eléctrica con los biocombustibles, en los cuales Brasil ya tiene unas capacidades locales creadas. Además, el hecho de que Brasil tenga una matriz energética y eléctrica limpia, permite la articulación con otros regímenes socio-técnicos como la energía y hace que el impulso de innovaciones de nicho como los buses de baja emisión, sean mucho más eficientes y ambientalmente sostenibles en comparación con países como China y Estados Unidos.

Finalmente, un elemento que se evidencia a través del análisis de los elementos del Panorama Socio-Técnico, es el papel que pueden tener las ciudades en el proceso de transición hacia una movilidad de bajo carbono. La población de los centros urbanos es la que se ve más afectada por la contaminación atmosférica local, la cual está generando graves problemas de salud pública. Además, el crecimiento desordenado de las ciudades ha generado problemas de movilidad urbana, que hacen necesario priorizar el transporte público colectivo y el transporte activo, y desincentivar el uso de vehículos individuales, lo que conlleva necesariamente a la búsqueda de alternativas energéticas de baja emisión en el transporte.

Teniendo en cuenta estas motivaciones, la incorporación de buses de baja emisión, por un lado contribuiría a mitigar las emisiones de GEI y de contaminantes atmosféricos locales, lo que permitiría mejorar la calidad del aire y los problemas de movilidad de los grandes centros urbanos, lo cual en conjunto llevaría a una transición hacia una movilidad de bajo carbono en Brasil.

CAPÍTULO 3 . RÉGIMEN SOCIO-TÉCNICO DE LA MOVILIDAD URBANA EN BRASIL

3.1 Introducción

En este capítulo, se presentan las características asociadas al Régimen Socio-Técnico la Movilidad Urbana en Brasil. En la primera parte se presentan las características relacionadas con la Movilidad Urbana, específicamente en relación a la flota circulante y al impacto del transporte en las emisiones de GEI y a la alta dependencia de combustibles fósiles.

En la segunda parte se presentan las principales características del transporte público colectivo en Brasil y las políticas nacionales de movilidad urbana, que tienen como objetivo priorizar el transporte público colectivo sobre el transporte individual. Se hace especial referencia a los BRT (*Bus Rapid Transit*), como una de las alternativas para priorizar los sistemas de transporte público, resaltando su importancia como una innovación de nicho de origen brasileño.

Posteriormente, se presenta la importancia de la industria automovilística brasileña para la economía y la generación de empleos del país y específicamente se analizará el segmento de carrocerías y chasis como componentes para la fabricación de buses. También se presentarán algunas iniciativas que empresas del régimen están adelantando en relación a los buses de baja emisión. Finalmente, se relacionan las principales líneas de financiamiento para los buses urbanos, algunas de las cuales plantean estímulos a los buses de baja emisión.

3.2 Movilidad Urbana: flota circulante y emisiones del transporte *rodoviário*.

Tal como se presentó en el capítulo anterior, el Régimen Socio-Técnico de la Movilidad Urbana está compuesto por un conjunto de regímenes asociados al transporte urbano de personas: vehículos individuales privados (carros, taxis, motos), transporte público colectivo (buses, metro, tren) y sistemas no-motorizados que son conocidos como transporte activo (bicicleta, movilidad a pie). El “régimen dominante” son los vehículos individuales y el transporte público colectivo y el transporte activo son considerados “regímenes subalternos” a este régimen dominante, ya que ocupan una parte del porcentaje total de la movilidad en términos de pasajeros transportados por kilómetros (GEELS, 2012).

El dominio de los vehículos individuales sobre los demás regímenes subalternos, se refleja en la composición de la flota circulante en Brasil. De acuerdo con el *Relatório de Frota Circulante 2018 de SINDIPEÇAS (Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores)* y *ABIPEÇAS (Associação Brasileira da Indústria de Autopeças)*, la flota brasileña en el año 2017 fue de 43,4 millones de unidades entre: automóviles, comerciales leves, buses/microbuses y camiones. El número total de motocicletas es de 13.198.091 millones. En la siguiente tabla se presenta esta distribución.

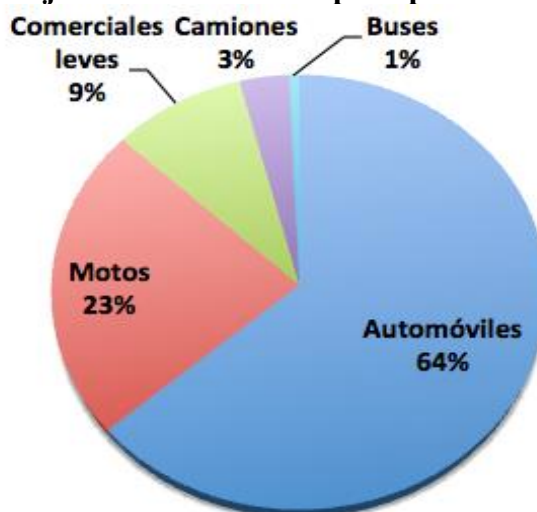
Tabla 3.1. Flota circulante en unidades en Brasil (2009-2017)

Segmento	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Var. (%) 17/16
Automóveis	24.779.932	26.868.461	28.902.101	31.124.353	33.203.162	34.389.278	35.261.145	35.601.099	36.007.536	1,1%
Comerciais Leves	3.492.339	3.798.382	4.106.433	4.389.290	4.700.848	4.899.701	5.055.046	5.001.828	5.093.741	1,8%
Caminhões	1.377.736	1.456.649	1.577.072	1.664.778	1.769.624	1.859.642	1.881.936	1.883.864	1.887.883	0,2%
Ônibus	313.412	321.839	342.992	357.665	374.983	387.656	389.123	385.623	382.260	-0,9%
Total	29.963.419	32.445.331	34.928.598	37.536.086	40.048.617	41.536.277	42.587.250	42.872.414	43.371.420	1,2%
Motocicletas	9.451.514	10.442.473	11.659.041	12.403.574	13.055.818	13.468.113	13.638.643	13.469.778	13.198.091	-2,0%

Fuente: (SINDIPEÇAS-ABIPEÇAS, 2018).

Estos datos indican que los vehículos individuales son los que tienen un mayor peso en toda la flota circulante con un 64%, en segundo lugar se encuentran las motocicletas (23%), comerciales leves (9%), camiones (3%) y buses (1%). El Estado de São Paulo, es el que tiene el mayor número de flota circulante con 36,82% de participación. En el siguiente gráfico se presentan los porcentajes de participación de cada tipo de vehículo en la flota circulante.

Gráfico 3.1. Porcentaje de flota circulante por tipo de vehículo en Brasil 2017



Fuente: Elaboración propia con base en los datos de SINDIPEÇAS-ABIPEÇAS (2018).

De acuerdo con el *Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG)*⁵⁷, en el año 2016, el segmento de transportes fue el mayor emisor de GEI en Brasil dentro de los sectores analizados de energía, siendo responsable de la emisión de 204 MtCO_{2e}, (39% del total) (FERREIRA et al., 2018).

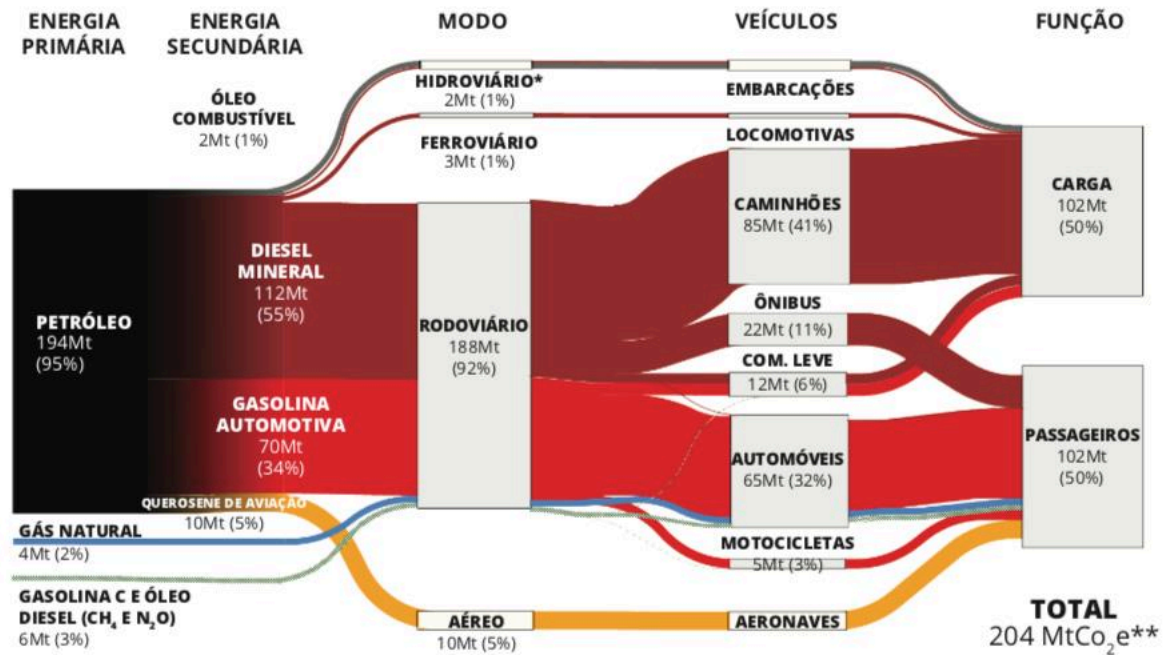
Se destaca también que, del segmento de transporte, el transporte *rodoviário* (terrestre) fue el principal emisor de dichos GEI en el año 2016, con el 92% (188 MtCO_{2e}). Tanto el transporte individual como colectivo tienen una alta dependencia de los combustibles fósiles, diésel para vehículos pesados y gasolina para automóviles. En la siguiente figura se presenta un diagrama de *Sankey*⁵⁸ que representa el origen de la energía primaria y como es distribuido en los diferentes modos de transporte y sus correspondientes emisiones de GEI (medidas en MtCO_{2e}).

Este gráfico refleja un equilibrio entre las emisiones del transporte de cargas y de pasajeros, cada uno con un 50% del total. Por tipo de vehículo, los camiones contribuyen con el 41% de las emisiones de GEI, los automóviles con el 32%, buses con el 11%, comerciales leves con el 6% y motocicletas con el 3%.

⁵⁷ El SEEG es una iniciativa del *Observatório do Clima* que realiza estimaciones anuales de las emisiones de gases de efecto invernadero en Brasil, siguiendo las indicaciones del IPCC, para cinco sectores: agropecuario, energía, cambios en el uso de la tierra, procesos industriales y residuos.

⁵⁸ El diagrama de *Sankey* es un tipo específico de diagrama de flujo, en que la anchura de las flechas se muestra proporcional a la cantidad de flujo.

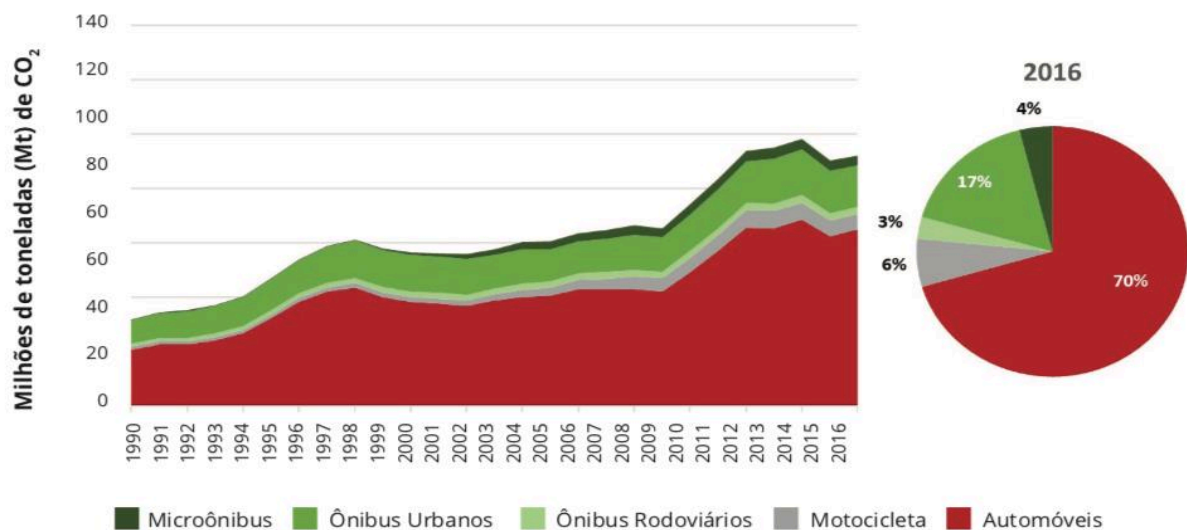
Figura 3.1 Diagrama de Sankey de las emisiones de GEI en Brasil del sector de los transportes, 2016



Fuente: FERREIRA et al., (2018).

Cuando se analiza específicamente el transporte de pasajeros, hay una predominancia del transporte individual (automóviles y motocicletas) el cual genera el 76% del total de las emisiones. La participación del transporte colectivo (micro-buses, buses urbanos y buses rodoviários) corresponde al 24% del total de las emisiones (FERREIRA et al., 2018). En la siguiente figura se presenta la evolución de las emisiones de GEI del transporte rodoviario de pasajeros.

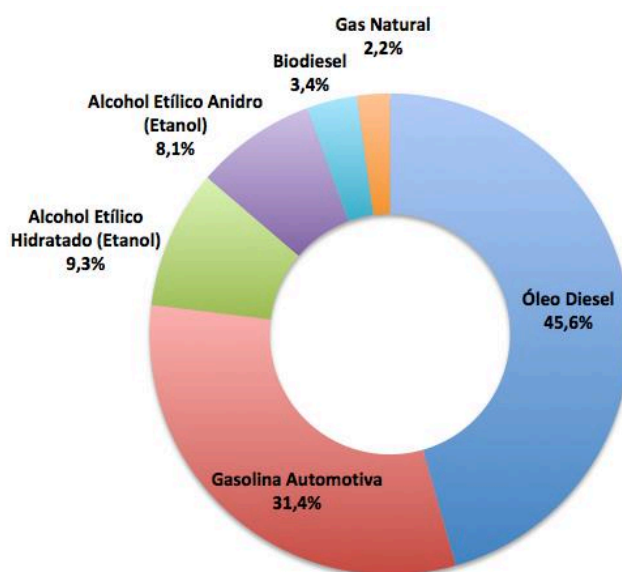
Figura 3.2 Evolución de las emisiones de GEI en el transporte rodoviário de pasajeros en Brasil, 2016



Fuente: FERREIRA et al., (2018).

En relación a la estructura de consumo de combustibles por parte del transporte *rodoviário*, en el siguiente gráfico se observa que el mayor porcentaje corresponde al *óleo diesel* con el 45,6% el cual es usado en su totalidad por vehículos pesados como camiones y buses y algunos vehículos comerciales leves⁵⁹. La gasolina ocupa el segundo lugar con una participación de 31,4%, el tercer lugar es ocupado por los biocombustibles (Etanol y Biodiesel) con 20,8% y finalmente el Gas Natural Vehicular con el 2,2% del total.

Gráfico 3.2 Estructura de consumo de combustibles del transporte *rodoviário* brasileño, 2016



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del *Balanço Energético Nacional 2017* (MME; EPE, 2018)

Estos datos evidencian dos características importantes del régimen socio-técnico de la movilidad urbana brasileña. Por un lado, el transporte individual (automóviles y motos) representan el 87% del total de la flota de vehículos del país y son los principales generadores de GEI, con una participación de 76% dentro el transporte *rodoviário* de pasajeros. En contraste, los buses solo representan el 1% de la flota y generan emisiones el 24% de GEI. Además, el transporte público rodoviário es altamente dependiente de combustibles fósiles, gasolina para automóviles y motos, y diésel para buses.

De acuerdo con la entrevista con la SPTrans (entrevistado 7), el diésel para el transporte público es subsidiado en algunos estados del país y es más barato en comparación a otras alternativas energéticas, como biocombustibles lo que genera un *lock-in* en el uso de este combustible, tanto por los camiones como por los buses.

⁵⁹ En Brasil, no hay modelos de automóviles que usen diésel como ocurre en Europa y Estados Unidos.

La dependencia de los combustibles fósiles por el transporte rodoviário se evidenció en Brasil en el mes de Mayo de 2018, cuando el paro (*greve*) de los camioneros, impidió el transporte de combustibles fósiles, lo que prácticamente “paralizó” el país. Grandes filas en las estaciones de gasolina, disminución del número de buses urbanos en las principales ciudades y desabastecimiento de alimentos, entre otros, generaron un caos sin precedentes en el país. En contraste, la flota de trolebús de São Paulo funcionó al 100%.

Un aspecto positivo de esta situación es que se logró determinar el impacto en la calidad del aire debido a la inmovilidad de los vehículos con MCI en el país. Un estudio del *Instituto Saúde e Sustentabilidade*, calculó el impacto en la reducción de contaminantes locales ($MP_{2,5}$, MP_{10} y O_3) durante los días del paro, utilizando los datos de monitoreo de aire de las principales ciudades del país. Para el caso de la Región Metropolitana de São Paulo durante los días del paro, los niveles de concentración de MP_{10} muestran una caída de 72,8% para 43,5%; $MP_{2,5}$ pasó de 70,6% para 47,5%; y para O_3 , hubo una reducción de 59,6% para 32,6%. Durante los días del paro, las concentraciones diarias de estos contaminantes locales consiguieron estar por debajo de los Padrones de Calidad de la OMS (2005). Además, el nivel de congestionamiento en la ciudad de São Paulo, llegó apenas a 2 km (VORMITTAG; DELGADO, 2018).

Este escenario, impone diferentes desafíos para la movilidad urbana. Por un lado, es indispensable reducir el número de vehículos individuales que son los que más impacto tienen en los GEI y priorizar sistemas de transporte público colectivo y transporte activo. Pero no es suficiente con el cambio de modal, tanto para el transporte individual como para el transporte colectivo, es necesario disminuir la dependencia de combustibles fósiles y estimular el uso de combustibles renovables y otras fuentes energéticas como la electricidad.

3.3 Transporte Público Colectivo y Políticas de Movilidad Urbana

El Transporte Público Colectivo en Brasil está compuesto principalmente por cuatro modales de transporte: los buses urbanos y los denominados *trilhos urbanos* que incluyen Metro, Tren y VLT (*Veículos Leves sobre Trilhos*). Sin embargo, solo 12 ciudades en el país cuentan con los servicios de trillos urbanos: São Paulo, Rio de Janeiro, Recife, Natal, Porto Alegre, Fortaleza, Brasília, Salvador, Maceió, João Pessoa, Belo Horizonte e

Teresina, que en su conjunto suman 1.051, 6 Km⁶⁰. Así, los **Buses Urbanos**⁶¹, son el medio de transporte público colectivo más representativo del país.

Según datos de la *Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos* NTU⁶², los buses urbanos representan 86,3% de la participación del total del transporte público colectivo, atienden 3.313 municipios brasileños, con una flota de 107.000 buses y un total de 39.585.078 pasajeros transportados por día, considerando el 20,9% de las gratuidades (NTU, 2018).

Debido a la importancia del transporte público colectivo y a los impactos negativos del transporte individual en el medio ambiente, calidad del aire, aumento de la congestión y problemas de salud pública, en Brasil se han formulado una serie de políticas de movilidad que tienen como objetivo principal priorizar el transporte público colectivo y el transporte activo, como bicicletas y movilización a pie, y castigar el uso de vehículos individuales.

La principal de estas políticas es la *Lei 12.587/12* que instituyó la **Política Nacional de Mobilidade Urbana**, la cual pasó a exigir que los municipios con una población por encima de 20.000 habitantes, deben elaborar y presentar un Plan de Movilidad Urbana, con la intención de planear el crecimiento de las ciudades de forma ordenada. El *Ministério das Cidades*, por medio de la *Secretaria de Transporte e de Mobilidade Urbana*, son las entidades encargadas de gestionar esta ley (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2012). Esta Política está orientada por las siguientes directrices:

- i) Prioridad de los modos de transporte no motorizados sobre los motorizados y de los servicios de transporte público colectivo⁶³ sobre el transporte individual motorizado.
- ii) Integración entre los modos y servicios de transporte urbano.
- iii) Incentivo al desarrollo científico y tecnológico y al uso de energías renovables y menos contaminantes.

⁶⁰ MOBILIZE (Mobilidade Urbana Sustentável, 2017) según datos compilados de las páginas web de las empresas operadoras: CBTU, CNT, MetroFor, Metrô SP, Metrô DF, Metrô Rio, MetrôREC, Metrô Bahia, TrensUrb, Septiembre de 2017.

⁶¹ Los Buses Urbanos son definidos como: vehículos automotores de transporte colectivo dentro del municipio, de uso intermunicipal en las regiones metropolitanas y los midi-buses; buses rodoviários: vehículos automotores de transporte colectivo para transporte entre municipios, interestatal, internacional, turismo, *fretamiento* y los especiales; midi-buses: vehículos automotores de transporte colectivo con capacidad de hasta 20 pasajeros para uso urbano, intermunicipal o rodoviario incluyendo los midi-buses (CETESB, 2016).

⁶² La NTU tiene el objetivo de representar los operadores de flota urbanos y metropolitanos frente al poder público y la sociedad civil. Actualmente agrupa 1.800 empresas operadoras de buses.

⁶³ Esta Ley define el Transporte Público Colectivo como el servicio público de transporte de pasajeros, accesible a toda la población mediante el pago individual, con itinerarios y precios fijados por el poder judicial (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2012).

iv) Priorización de proyectos de transporte público colectivo, estructuradores del territorio e inductores del desarrollo urbano integrado (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2012).

Algunas de las estrategias que establece esta Ley para cumplir sus objetivos son: i) el establecimiento de padrones de control de contaminantes; ii) mayores impuestos y restricciones al uso del transporte individual, como por ejemplo la instalación de peajes urbanos, cuyo recaudo será destinado al subsidio del transporte público colectivo y transporte activo; definición de líneas exclusivas para buses (*BRT: Bus Rapid Transit*); costos altos de estacionamiento, entre otros.

Además, esta ley también aborda aspectos relacionados con el servicio de transporte público colectivo y define que la tarifa de remuneración⁶⁴ de la prestación del servicio debe ser el resultado de un proceso licitatorio de competencia entre empresas.

En este sentido, se apoya en la ***Lei das Licitações No. 8.666/93*** la cual instituye las normas para licitaciones y contratos de la Administración Pública, en las cuales está incluido el transporte público colectivo. Esta ley también establece que las licitaciones deben garantizar la observancia del principio constitucional de igualdad, la selección de la propuesta más ventajosa para la administración y la promoción del desarrollo nacional sustentable.

Otra de las Políticas de estímulo a la movilidad urbana a nivel nacional es el ***Programa de Aceleração do Crescimento PAC***, coordinado por el *Ministério de Planejamento*, el cual tiene una línea exclusiva para la movilidad urbana. El objetivo de este programa es combatir las desigualdades sociales, transformando las ciudades en espacios más humanizados y priorizando el transporte público colectivo. La Unión apoya emprendimientos que promuevan la integración física y tarifaria dentro del transporte público colectivo y fomenten proyectos de gran y media escala como Metros, BRT, corredores de buses, VLT entre otros (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2018).

De acuerdo con los datos de la NTU, el sistema BRT fue la solución de movilidad que recibió más recursos del *PAC-Mobilidade*. Hasta Enero de 2018, 18 estados y 29 ciudades suman 90 proyectos con 1.457,4 km de extensión. De ese total, 24 proyectos están en operación, 22 en obras y 44 en fase de proyecto. Ciudades como Cuiabá (MT), Goiânia (GO), Brasília (DF), Belo Horizonte (MG), Uberlândia (MG), Curitiba (PR), Rio de Janeiro (RJ), São Paulo (SP), Uberaba (MG), Recife (PE) y Belém, ya contemplan la implementación de

⁶⁴ La tarifa de remuneración se refiere al valor pago al operador para la prestación del servicio de transporte público colectivo (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013).

corredores de BRT. En total, en el país hay 73 ciudades que suman 407 proyectos con 3.987,9 km de vías exclusivas para transporte público (NTU, 2018).

El caso de los BRT, como estrategia para mejorar la movilidad urbana, es interesante al ser una innovación de nicho de origen brasileño, específicamente con el protagonismo de Curitiba y Goiânia en la década de los setenta. Los BRT surgieron como una alternativa más económica (en comparación al metro o al tren) para priorizar el transporte público colectivo. Muchas ciudades en el mundo, principalmente en países en desarrollo han implementado estos sistemas siendo Curitiba y Bogotá las ciudades más representativas. Esta innovación de nicho ha logrado consolidarse de tal manera, que consiguió hacer parte del régimen de la movilidad urbana en Brasil y en muchos países de América Latina.

Los BRT son considerados incluso como una invención que caracteriza a la región de América Latina. Los BRT fueron una especie de revolución en la industria del tránsito y la movilidad y los expertos de América Latina tuvieron la oportunidad de definir los estándares los cuales son seguidos por el resto del mundo (SENGERS; RAVEN, 2015). La configuración socio-técnica de los BRT evidencia la importancia de la perspectiva regional y cómo un nicho de innovación puede evolucionar hasta hacer parte del régimen socio-técnico dominante.

De acuerdo con la entrevista con la NTU: *“El problema de la movilidad urbana pasa por priorizar el transporte individual sobre el transporte público, se necesitan transferir viajes del transporte individual para el colectivo. Los BRT y las líneas exclusivas para buses son importantes para esto”*. En relación a los buses de baja emisión afirma: *“no vale la pena cambiar un bus a diésel de R\$ 400.000 por un bus eléctrico de R\$ 1.000.000 si este va a quedar parado en la calle. En términos de inversiones es un desperdicio”* (Entrevistado 12).

En este sentido, no es suficiente con tener buses de baja emisión si estos no son priorizados a través de carriles exclusivos y BRT. Tampoco es una opción para la movilidad urbana tener un BRT de gran extensión, si este utiliza buses contaminantes a diésel, como ocurre en el caso de Transmilenio en Bogotá. Es importante la existencia de una complementariedad entre innovaciones tecnológicas asociadas a los buses de baja emisión, con innovaciones no tecnológicas de priorización del transporte público como los BRT y los carriles exclusivos.

3.4 Industria Automovilística Brasileña

Otro elemento que hace parte del régimen dominante de la movilidad urbana está relacionado con la importancia de la industria automovilística brasileña, la cual es responsable por el 4% del PIB total del país (2015) y genera aproximadamente 1.300.000 empleos directos e indirectos, por lo que se considera una de las industrias más dinámicas de la economía brasileña (ANFAVEA, 2018).

Otra característica de la industria automovilística es su participación en las actividades de innovación en el país, en términos tanto de proceso como de producto. Según datos de la PINTEC (2014), en el periodo 2012-2014, la tasa de innovación en el segmento de fabricación de vehículos automotores, transporte de carga y carrocerías fue de 39,1%, que es alta en comparación al promedio de la industria de transformación brasileña, que fue de 36,3%. Al analizar solo las montadoras de automóviles, camionetas, utilitarios, camiones y buses, la tasa de innovación salta para un promedio de 78,7% (IBGE, 2014) (CONSONI et al., 2018).

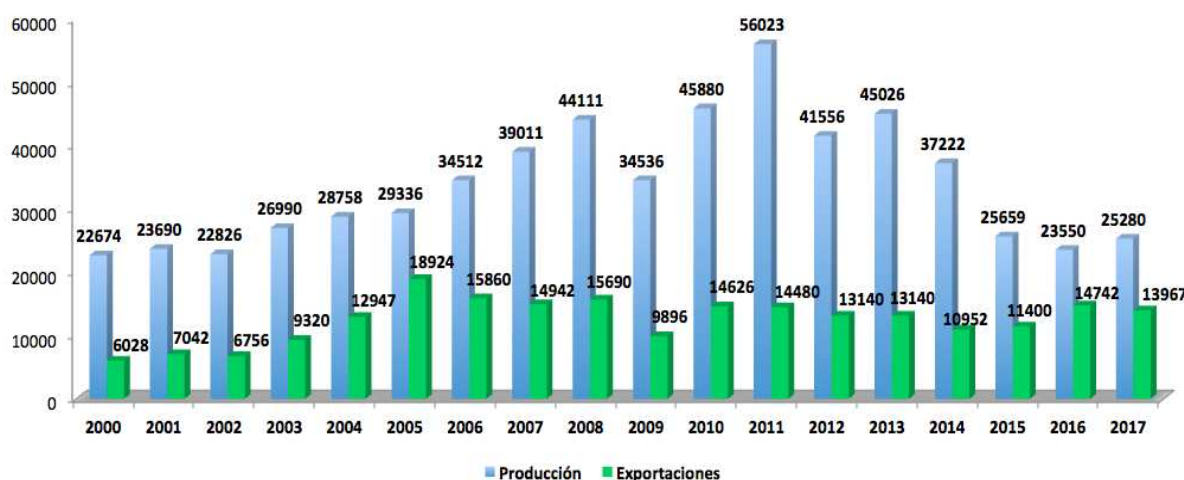
Históricamente la industria automovilística ha sido apoyada por políticas industriales que han estimulado la localización de las principales empresas montadoras del mundo. Esto se refleja en el tamaño de su parque industrial que está conformado por 26 montadoras y 582 industrias de autopartes. Tal como fue presentado en el Capítulo 2, programas como *Inovar- Auto* y recientemente el *Programa Rota 2030 Mobilidade e Logística*, han sido formulados no solo como una política industrial sino como una estrategia para mejorar la eficiencia energética de la industria.

Otra de las características de la industria automovilística es la existencia de un número importante de asociaciones y agremiaciones que apoyan el desarrollo y fortalecimiento de esta industria. Las más representativas son: ANFAVEA (*Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores*); SINDIPEÇAS (*Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores*); y ABIPEÇAS (*Associação Brasileira da Indústria de Autopeças*). Estas asociaciones se caracterizan por realizar un *lobby* muy fuerte frente a los diferentes estamentos gubernamentales, con el fin de garantizar los intereses de sus asociados y evitar que su negocio se vea afectado por la implementación de determinadas políticas, principalmente de carácter industrial y ambiental.

Con relación a la fabricación de buses urbanos en Brasil, es importante señalar que no hay ninguna empresa que fabrique el bus completo, las empresas de buses se dividen en empresas de chasis y carrocerías⁶⁵. La fabricación de estos buses es principalmente con motores a diésel y siguiendo los estándares de la Norma Euro V, pues como ya fue explicado en el capítulo anterior, en Brasil la Fase P8 del PROCONVE, solo será aplicada en el año 2023.

Las principales empresas de chasis instaladas en Brasil son: Mercedes Benz, MAN Volkswagen, Scania y Volvo. Agrale también produce chasis mas está enfocado en el segmento de mini-buses y midi-buses. De acuerdo con el Anuario de ANFAVEA (2018), la producción de chasis en el período 2000-2017 tuvo un descenso importante, pasando de producir 56.023 chasis en el año 2011 para 25.280 en el 2017. Al analizar, el comportamiento de las exportaciones, la mayoría de la producción es para el mercado interno. En el siguiente gráfico se presenta la dinámica de producción y exportaciones de chasis para el período 2000-2017.

Gráfico 3.3. Producción y exportación de chasis (2000-2017)



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ANFAVEA (2018).

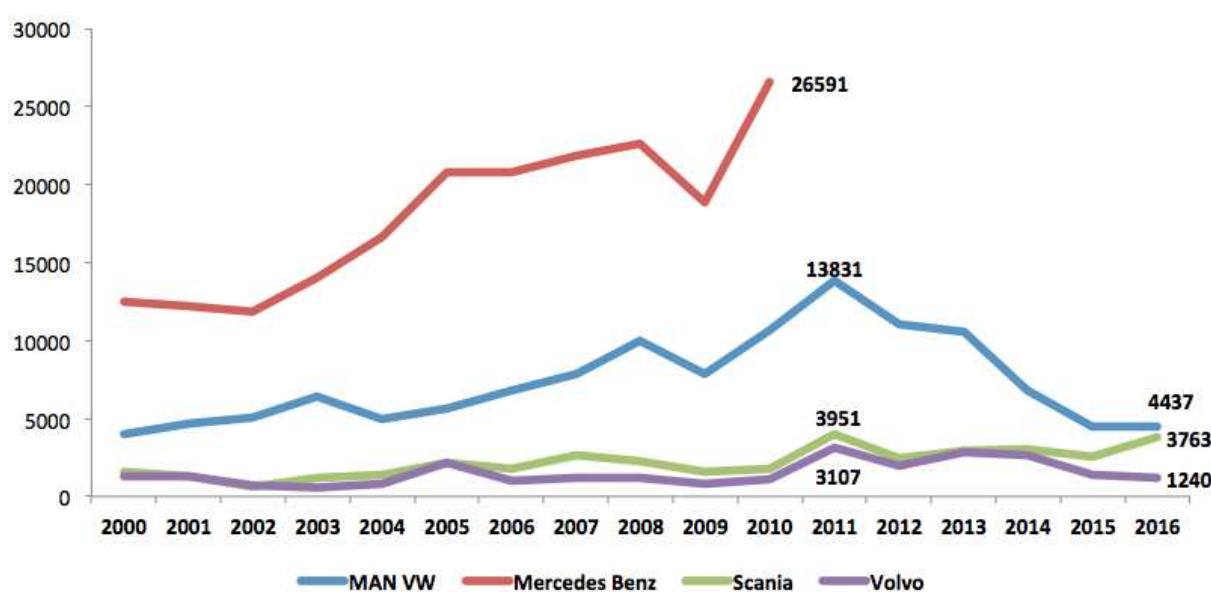
En relación a la participación en el mercado de las empresas de Chasis, la empresa Mercedes Benz es líder a nivel nacional con un 61,82%, le siguen MAN-Volkswagen (14,44%); Scania (3,68%) y Volvo (2,06%) (FENABRAVE , 2017). Con respecto a la participación de buses urbanos en São Paulo, de acuerdo con el entrevistado 20 de la empresa

⁶⁵ El chasis corresponde a la estructura interna del vehículo que integra todos los componentes mecánicos del vehículo, incluyendo la carrocería. La carrocería es la estructura externa del vehículo, es instalada en el chasis con el objetivo de recubrirlo y protegerlo. En este sentido, el chasis tiene más componentes y es mucho más complejo que la carrocería.

Mercedes Benz: “la empresa tiene una participación entre el 60% y el 70% de la flota total de buses urbanos de São Paulo, los cuales están diseñados específicamente para la operación de São Paulo”.

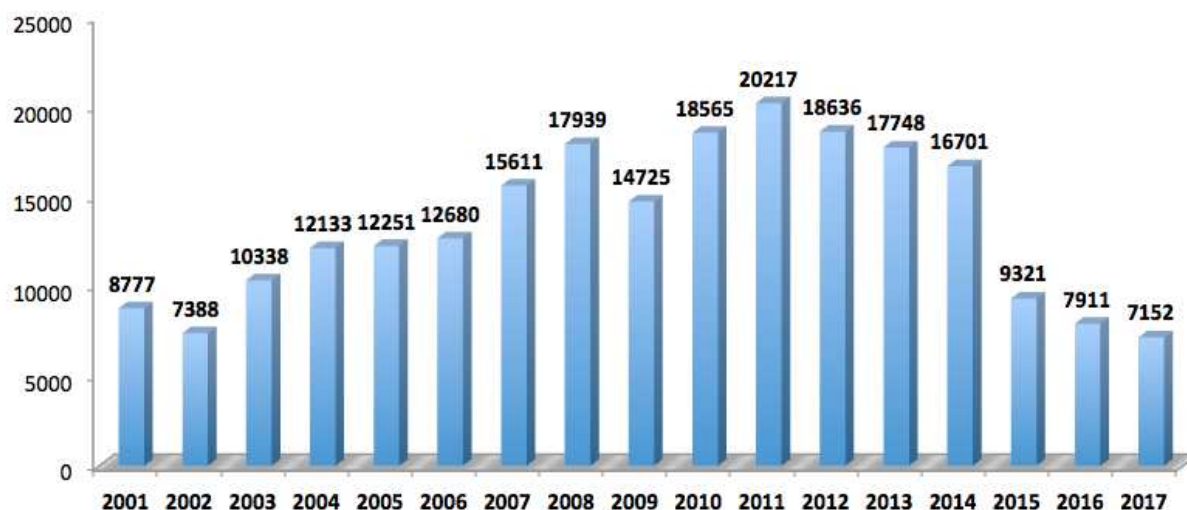
En relación a la dinámica de la producción nacional de chasis, en el siguiente gráfico se presenta la evolución en el período 2000-2016, donde se observa una caída en la producción después del año 2011. No hay datos disponibles de producción de la empresa Mercedes Benz, por lo cual no es posible evaluar el comportamiento de su producción actual.

Gráfico 3.4. Dinámica de la producción de empresas de chasis (2000-2016)



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de ANFAVEA (2018)

En relación a las empresas de carrocería, se destacan las empresas: *Grupo Marcopolo*, que incluye a *Marcopolo* y *Volare*; *CAIO Induscar*, *Mascarello*; *Irizar*, *Comil Ônibus S.A* y *Neobus*. De acuerdo con informaciones de la *Associação Nacional dos Fabricantes de Ônibus FABUS*, el comportamiento de la producción de carrocerías para buses urbanos ha disminuido considerablemente desde el año 2011, pasando de producir 20.217 unidades para 7.152 en el año 2017. En el siguiente gráfico se presenta el comportamiento de la producción de carrocerías para buses urbanos para el período (2001-2017).

Gráfico 3.5 Dinámica de la producción de carrocerías para buses urbanos (2001-2017)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (FABUS, 2017).

Tanto las empresas de chasis como las empresas de carrocerías actúan en el régimen socio-técnico dominante ya que están especializadas en las producción de buses a diésel y en realizar innovaciones incrementales dentro la misma base tecnológica del MCI.

De acuerdo con el entrevistado 20 de la empresa Mercedes Benz: *“la estrategia de la empresa en Brasil es migrar de tecnologías Euro III o menores para Euro V, ya que 1 bus Euro III contamina igual que 5 buses Euro V, entonces con hacer esta migración se logrará disminuir la contaminación local de MP y NOx”*. Esta percepción es similar para las demás empresas de chasis, ya que al no ser obligadas por el PROCONVE a implementar tecnologías Euro VI, continuarán fabricando buses Euro V para aprovechar las líneas de producción y montaje que tienen instaladas.

Sin embargo, algunas empresas de chasis tienen iniciativas en relación a la fabricación de buses de bajo emisión. El caso más representativo es de la empresa **Volvo**, que como se explicará en detalle en el próximo capítulo de innovaciones de nicho, fabrica buses híbridos a diésel y tiene unidades operando en Curitiba y en el sistema BRT Transmilenio de Bogotá.

En el mes de octubre de 2018, Volvo ganó el 60% de la Licitación para Transmilenio en Bogotá, donde va a ofrecer 402 buses bi-articulados y 298 articulados, para un total de 700 buses con tecnología Euro V. Estos buses serán fabricados en la planta de Curitiba y van a contar desde la fábrica con filtros para Material Particulado (MP), desarrollados por Volvo e instalados en el proceso productivo del chasis, que según el

fabricante pueden reducir hasta en un 96% de este tipo de contaminantes. Este tipo de filtros fue incluido, debido a que las reglas de la licitación en Bogotá, exigía un estándar de emisiones Euro V con filtro de partículas que reduzcan las emisiones de MP en un mínimo de 75% (EL ESPECTADOR, 2018b).

A nivel internacional, Volvo ya cuenta con un modelo de bus eléctrico a batería que fue denominado como “Volvo 7900 Electric”. Este bus tiene un motor eléctrico de 160 kW de potencia, freno regenerativo y sistema de carga rápida en paradas a través del uso de pantógrafos. Volvo ha vendido diferentes unidades en países europeos como Suecia, Luxemburgo, Dinamarca, Gran Bretaña, Holanda, Polonia, Noruega y en países asiáticos como Singapur (VOLVO, 2018).

La empresa **Scania** también tiene una estrategia de buses de baja emisión enfocada en Buses movidos a Gas Natural Vehicular. En São Paulo, lograron vender un número importante de unidades en la década del 2000, pero estos presentaron diferentes problemas operativos, razón por la cual fueron desactivados del sistema. Esta experiencia no exitosa generó una gran resistencia a nivel nacional sobre el uso de esta tecnología. Sin embargo, a nivel internacional Scania logró vender 481 buses a GNV con tecnología de Motor Euro VI para el Sistema Transmilenio de Colombia, la venta más importante en la historia de la empresa. El chasis será fabricado en sus plantas de producción de Brasil y tendrá una carrocería de la empresa Busscar (EL ESPECTADOR, 2018b).

En el caso de Volvo y de Scania se evidencia, que tal y como fue planteado en el trabajo de (MARX et al., 2014), una misma empresa, puede tener diferentes estrategias a nivel internacional, de acuerdo al contexto, las exigencias del mercado y las presiones públicas por disminuir el impacto de las emisiones, lo cual puede tener diferentes efectos en el proceso de una movilidad de bajo carbono y en el apoyo a innovaciones de nicho como los buses de baja emisión.

Volvo a pesar de ya tener buses eléctricos a batería en su casa matriz, decide apostarle a los buses híbridos y a diésel en Brasil. Por su parte Scania, consiguió vender buses a GNV en Bogotá, lo que no ha conseguido en Brasil, por una experiencia no exitosa del pasado. El caso de la licitación de Bogotá es interesante, ya la licitación exigía tecnologías Euro V con filtros de partículas y abría la posibilidad para buses a GNV y eléctricos a baterías. En el caso de Volvo, a pesar de que estos buses y el desarrollo de la tecnología de filtros de partículas van a ser fabricados en Brasil, esta tecnología no es ofrecida para el mercado brasileño. En el caso de Scania, aunque la licitación de São Paulo, no considera la

implementación de buses de GNV por ser de origen fósil, esta puede ser una posibilidad para otras ciudades de Brasil que tengan como objetivo disminuir la emisiones de contaminantes en su flota de transporte.

Por su parte, la empresa **MAN-Volkswagen**, desarrolló en su planta de Brasil un prototipo de bus híbrido a etanol, que fue denominado como Volksbus e-Flez y fue presentado en el Salón de Automóvil en Hannover (Alemania) en el mes de Septiembre de 2018. Este prototipo tiene propulsión 100% eléctrica y un motor a combustión flex que combina etanol-gasolina, el cual funciona como generador de energía para extender la autonomía del vehículo. También cuenta con un sistema de freno regenerativo para recargar la batería de litio y la carrocería de este prototipo es de la empresa Marcopolo. Este modelo fue proyectado específicamente para atender la Licitación del Sistema de Transporte Público de São Paulo y de otras ciudades brasileñas interesadas en incorporar una flota de buses de baja emisión (KUTNEY, 2018).

Finalmente, la empresa **Mercedes Benz**, también tiene una estrategia de desarrollo de buses de baja emisión. Uno de ellos es el bus eléctrico a batería el cual fue desarrollado en Alemania y fue denominado como *e-Citaro*. Este bus utiliza baterías de litio, tiene una autonomía de 250 km. Otra alternativa es el bus híbrido *Citaro Hybrid*, es cual utiliza supercapacitores en lugar de baterías para generar energía. Estos dos modelos también fueron presentados en la Salón del Automóvil en Hannover, Alemania (DIÁRIO DO TRANSPORTE, 2018b)

De acuerdo con el entrevistado 20 de la empresa Mercedes: *“Mercedes Benz quiere madurar la operación de los buses eléctricos a nivel de testes para posteriormente hacer una buena propuesta que de seguridad y confianza a los operadores y que consiga disminuir los costos de producción [...] La empresa solo piensa traer sus modelos de buses eléctricos una vez sean definidos aspectos como la infraestructura y sistemas de recarga de baterías más eficiente en Brasil”*.

Con respecto a las empresas de carrocerías, muchas de estas han participado en proyectos de demostración de buses de baja emisión, como se explicará en detalle en el Capítulo 4 y tienen todas las capacidades de ofrecer carrocerías adaptadas a este tipo de buses.

3.5 Programas y líneas de financiación para buses urbanos

A nivel nacional existen diferentes líneas de financiación para buses urbanos, algunas de las cuales tienen condiciones especiales para la financiación buses de baja emisión, los cuales se describen a continuación.

El *Programa Nacional de Financiamento da Renovação de frotas de Ônibus Refrota*, es una línea de crédito operada por la *Caixa*, que tiene como objetivo financiar la renovación o ampliación de las flotas de buses de transporte urbano. Cuenta con un total de R\$ 3 billones de recursos para atender estas necesidades de financiamiento, pero no tiene una línea de financiamiento especial para los buses de baja emisión. Además, esta línea ha sido poco utilizada para la substitución de flota, debido a que el proceso de aprobación del crédito es complejo y demorado.

El **BNDES** tiene dos instrumentos financieros para la adquisición de los buses de baja emisión: BNDES-Fundo Clima y BNDES FINAME-BK. Cuando se trata de la adquisición de buses de baja emisión el BNDES trabaja de forma indirecta, es decir a través de un agente financiero quien se encarga de la interlocución con el comprador.

El *Fundo Nacional sobre a Mudança Climática (FNMC)*: El *Fundo Clima* está vinculado al *Ministério do Meio Ambiente (MMA)* y pone a disposición recursos en dos modalidades: reembolsable y no reembolsable. Los recursos reembolsables son administrados por el *Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)*. Los recursos no-reembolsables son operados por el MMA, los cuales pueden ser utilizados para contratar estudios y otros proyectos relacionados al desarrollo sustentable, que deben ser evaluados por el MMA.

El *Fundo Clima* tiene como objetivo apoyar la implantación de emprendimientos, la adquisición de máquinas y equipos y el desarrollo tecnológico relacionado a la reducción de emisiones de GEI y a la adaptación a los efectos del cambio climático. Uno de los subprogramas es “*Máquinas y Equipamentos Eficientes*” que incluye el financiamiento de buses y camiones eléctricos o híbridos y buses movidos a etanol de fabricación nacional. La tasa de interés para la renovación de flota es de 1,3% al año y se financia hasta 10 años.

FINAME-BNDES: El FINAME es el financiamiento por intermedio de instituciones financieras autorizadas, para la producción y adquisición de máquinas, equipos y bienes de informática y automación que sean nuevos, de fabricación nacional y autorizadas

por el BNDES. El FINAME-BNDES, se divide en líneas de financiación, con objetivos y condiciones financieras específicas:

- BK Adquisición y comercialización de bienes de capital: Financiamiento para la adquisición y comercialización de máquinas, equipos, sistemas industriales, bienes de informática y automatización, buses, camiones y aeronaves ejecutivas.
- BK Producción de bienes de capital: Financiamiento de capital de giro, destinado a la producción de máquinas, equipos y bienes de informática y automatización.
- Moderniza BK: Financiamiento a la modernización de máquinas y equipos instalados en el país, que hayan sido contratados por los propietarios de los bienes.

El FINAME ya financiaba proyectos relacionados con buses, sin embargo, la Circular No. 05/2017-Bndes del 8 de febrero de 2017, cambió las condiciones de financiamiento y otorgó mayores ventajas para la compra de buses de baja emisión que incluyen: trolebús, buses eléctricos a batería, buses híbridos, buses movidos con etanol, buses de células de hidrógeno, buses a gas natural vehicular, en comparación con los buses a diésel.

Para la adquisición de bienes de capital por grandes empresas, la condición padrón pasa a ser de participación máxima de 60% en TJLP (Tasa de juros de Longo Plazo). Para estas empresas, las condiciones de financiación “BKs eficientes/tecnología nacional” (participación máxima de 80% de TLJP), serán destinadas exclusivamente para bienes de mayor eficiencia energética, incluyendo buses y camiones híbridos eléctricos o movidos con combustibles limpios, con mayores índices de eficiencia energética o que contribuyan a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Estos beneficios funcionan a partir del 2018.

Para el caso de la adquisición de buses y camiones movidos a diésel, por parte de grandes empresas, el banco disminuirá su participación gradualmente, de máximo 50% en TJLP en el 2017 para un máximo de 40% en el 2018 y de 30% de TJLP en el 2019. El objetivo es incentivar el aumento de la flota de camiones y buses de baja emisión y desincentivar la compra de buses movidos con combustibles fósiles, principalmente el diésel. El plazo de financiamiento del FINAME pasa de los actuales 5 años para 10 años, lo que significa que estos financiamientos pueden ser pagados durante gran parte de la vida útil los buses de baja emisión.

Las empresas de buses han trabajado con la operación de la transferencia de las líneas de crédito de FINAME y Refrota para la financiación de flota, incluso mas que los

bancos comerciales. Además, varias montadoras tienen sus propias líneas de financiamiento las cuales pueden ser a través de: i) Crédito Directo al Consumidor (CDC): es un plan de financiamiento para la adquisición de buses hasta 60 meses; ii) Leasing: es una operación que se caracteriza por el alquiler de chasis, carrocerías y equipos nuevos y usados por hasta 60 meses, con la opción de devolución de compra del vehículo al final del contrato (STEER, 2018). Este modelo es utilizado por empresas como BYD específicamente para el *leasing* de baterías, que es el componente más costoso de un bus eléctrico.

3.6 Conclusiones del Régimen Socio-Técnico

Una vez analizadas las características del Régimen Socio-Técnico de la movilidad urbana, se corrobora el dominio de los automóviles con MCI y que utilizan combustibles el cual es reforzado por la importancia y el poder que tiene la industria automovilística en el país y diferentes políticas asociadas al Panorama Socio-Técnico, las cuales continúan privilegiando los vehículos individuales con MCI, lo que genera un *lock-in* basado en combustibles fósiles y en tecnologías con alta intensidad del carbono (UNRUH, 2000).

En relación al régimen subalterno del transporte público, en Brasil se destaca la participación de los buses urbanos, como el modo colectivo más utilizado a nivel nacional. Este modo de transporte tiene un *lock-in* en el diésel, lo cual se reflejó en la *greve* de los camioneros en Mayo de 2018.

Con el fin de mitigar las disputas entre los regímenes de los vehículos individuales y del transporte público colectivo, diferentes políticas de movilidad urbana han sido formuladas con el objetivo de priorizar el transporte público sobre el transporte individual. Una de las más representativas es la Política Nacional de Movilidad Urbana y los *PAC-Mobilidade* que tienen como objetivo estimular la implementación de los BRT y carriles exclusivos para buses urbanos en las ciudades de Brasil. Los BRT son una innovación de origen brasileño, la cual surgió como un experimento de nicho y ha conseguido consolidarse hasta hacer parte del régimen de la movilidad urbana en muchos países latinoamericanos.

En relación al papel de la industria automovilística brasileña, esta es una de las más importantes del país en términos, económicos, de generación de empleo, capacidad productiva e I&D. Tal como se evidenció en el Panorama Socio-Técnico, la ausencia de políticas de eficiencia energética (*Inovar-Auto*) y de reducción de emisiones (Padrones de Calidad del Aire de CONAMA y PROCONVE) más exigentes en comparación con la

normativa internacional, generan una inercia en la industria automovilística que refuerza el régimen socio-técnico dominante y solo fomenta el desarrollo de innovaciones de carácter incremental.

Esto también ocurre porque la ociosidad de la industria automovilística es enorme. Las empresas aun no consiguen amortiguar inversiones ya realizadas en plantas de producción y tecnologías locales con enfoque en los MCI. En este contexto, la industria intentará avanzar en estos proyectos de carácter incremental antes que involucrarse en nuevas inversiones de carácter radical.

Para el caso específico de los buses urbanos se evidencia la importancia de este segmento el cual está basado exclusivamente en la fabricación de buses a diésel. Sin embargo, algunas iniciativas de las empresas del régimen en torno al desarrollo de prototipos de proyectos de demostración en buses de baja emisión, evidencian que la industria está intentando incorporar innovaciones de carácter radical, pero sin dejar de reforzar su poder en la fabricación de buses a diésel.

En este sentido, en alineación con lo planteado por Wieczorek (2018), el régimen socio-técnico no es totalmente uniforme ni estable en el caso de Brasil, ya que permite la incorporación de innovaciones de nicho asociadas a su contexto socio-espacial como los BRT y soluciones como los buses híbridos a etanol para satisfacer la demanda de movilidad urbana

Finalmente, a pesar de la existencia de algunas líneas de financiación a nivel nacional, estas son insuficientes y no cuentan con instrumentos claros que motiven a los operadores de flota a realizar inversiones en innovaciones de nicho, como los buses de baja emisión, y por el contrario están reforzado y promoviendo la compra de buses a diésel.

CAPÍTULO 4 INNOVACIONES DE NICHOS ASOCIADAS A LOS BUSES DE BAJA EMISIÓN

4.1 Introducción

Este capítulo corresponde a la caracterización de las innovaciones de nicho y de los proyectos de demostración, asociados a los buses de baja emisión. En la primera parte se hace una descripción de las principales tecnologías de buses de baja emisión: buses movidos con combustibles fósiles de baja emisión (Euro VI y Gas Natural Vehicular), buses movidos con biocombustibles, buses híbridos (convencionales/*plug-in*/etanol), buses eléctricos (trolebús, buses eléctricos a batería) y buses con células de hidrógeno.

En la segunda parte, se presenta el contexto internacional del mercado de los buses de baja emisión, principalmente los buses eléctricos a batería, programas de estímulo a este tipo de tecnología como el Proyecto ZeEUS (*Zero Emission Urban Bus System*) en Europa y algunas políticas implementadas en América Latina, en países como Costa Rica y Chile.

En la tercera parte, se analizan los proyectos de demostración en Brasil asociados a los buses de baja emisión, los cuales son considerados como “ventanas de oportunidad” para modificar el régimen socio-técnico dominante de la movilidad urbana y como procesos de aprendizaje sobre estas tecnologías.

Posteriormente, se identifican los principales actores, que actúan tanto a nivel de nicho como de régimen y que están impulsando innovaciones de nicho de buses de baja emisión. Estos actores incluyen empresas de buses de baja emisión, empresas de autopartes y componentes, empresas de energía eléctrica y universidades y centros de investigación, que han participado de los diferentes proyectos de demostración y que pueden estimular procesos de transición hacia una movilidad de bajo carbono, que incluyen a los buses de baja emisión. Finalmente, se presentan las consideraciones asociadas a las innovaciones de nicho.

4.2 Caracterización de las tecnologías de los buses de baja emisión

La principal característica de los buses de baja emisión, también son conocidos como “buses limpios” es que generan menores emisiones de gases contaminantes a la atmósfera en comparación a los buses movidos a diésel que cumplen con la normatividad Euro V o inferior y tienen una mejor eficiencia energética. Estos buses pueden clasificarse en

cinco categorías principales, de acuerdo a los combustibles que utilizan y a sus sistemas de tracción:

- **Buses que utilizan combustibles fósiles de baja emisión:** Son buses con MCI pero con tecnologías de motor Euro VI que atienden las metas máximas de emisión definidas por las Normas Euro. En esta categoría también se clasifican los buses movidos con Gas Natural Vehicular (GNV), los cuales requieren una infraestructura especial de abastecimiento. Las emisiones de estos buses son menores en comparación a los buses movidos a diésel con tecnología Euro V o inferior. Estos buses hacen parte de innovaciones incrementales dentro del régimen socio-técnico dominante de los vehículos con MCI.
- **Buses movidos con biocombustibles:** Son buses con MCI pero que utilizan combustibles alternativos como: Biodiesel, Biometano y Diesel de Caña de Azúcar. Las emisiones de contaminantes dependen de cada tipo y de la combinación de los biocombustibles, pero en comparación a los buses a diésel, las emisiones son menores. Estos buses pueden considerarse como una tecnología híbrida, ya que a pesar de utilizar la misma base tecnológica del MCI, se abastecen de combustibles alternativos como biocombustibles, que son considerados como innovaciones de nicho.
- **Buses Híbridos Eléctricos (*Hybrid Electric Bus HEB*):** En esta categoría se encuentran los buses híbridos convencionales que combinan un MCI, que por lo general utiliza diésel, con un motor eléctrico. Los buses híbridos tienen autonomía reducida o nula en el modo eléctrico. La función de las baterías es apoyar el MCI en los momentos de mayor demanda de potencia (aceleraciones) y en los de menor rendimiento de los mismos. Los buses híbridos pueden tener tres configuraciones diferentes: paralelo, serie o serie-paralelo ⁶⁶. En esta categoría también se encuentran los buses híbridos eléctricos *plug-in* (*Plug-In Hybrid Buses PHEB*) y los buses híbridos eléctricos a etanol, considerada como una posibilidad de

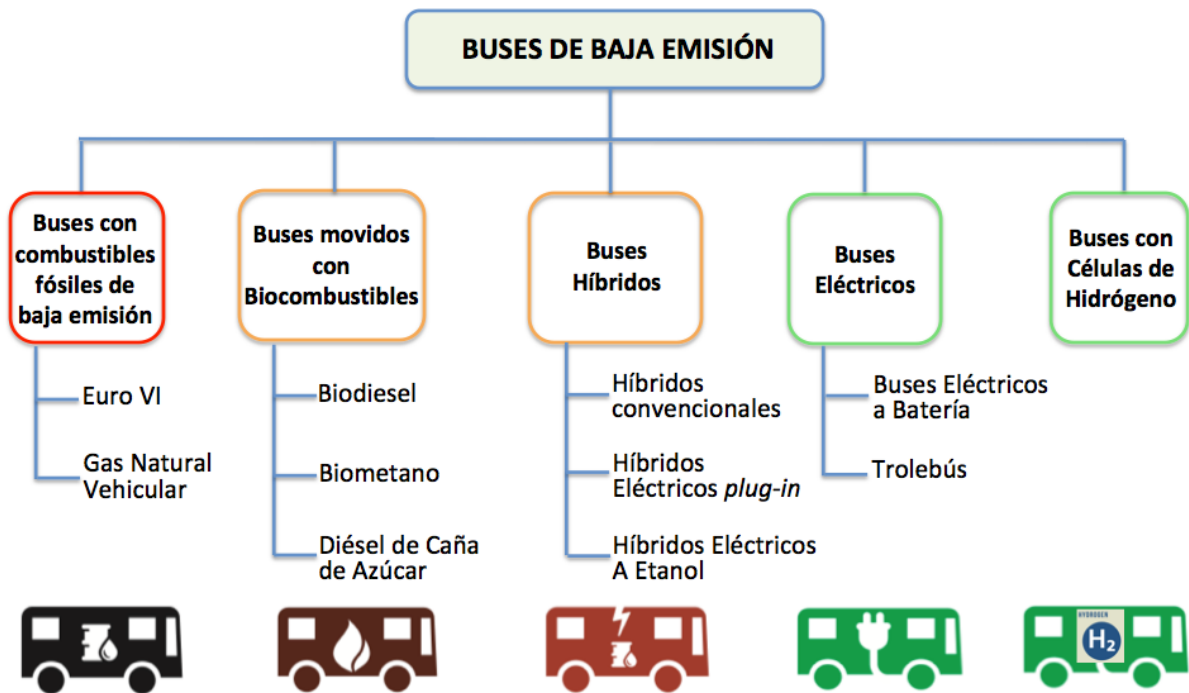
⁶⁶ De acuerdo con la tipología del sistema de propulsión, los buses híbridos pueden tener diferentes configuraciones, tales como: Paralelo, en el cual el motor eléctrico y el MCI están acoplados a la transmisión y simultáneamente transmiten energía para mover las ruedas. Serie: el motor eléctrico es el único sistema de propulsión. El MCI y el generador son utilizados para mantener el estado de carga de las baterías. Serie-paralelo: combina las características del sistema paralelo y serie, el MCI y el motor eléctrico están acoplados a la transmisión y a las ruedas y también utiliza un generador para verificar el estado de carga de las baterías (YONG et al., 2015).

desarrollo interesante para Brasil. Como su nombre lo indica estos buses hacen parte de tecnologías híbridas o de carácter incremental.

- **Buses Eléctricos:** Corresponden a los Buses Eléctricos a Batería (*Battery Electric Bus BEB*), también denominados buses eléctricos puros ya derivan toda su potencia del banco de baterías, que por lo general son elaboradas con diferentes combinaciones de litio. Estos buses pueden tener diferentes sistemas de recarga: recarga tradicional en un puesto fijo (rápida/lenta), recarga por sistema de pantógrafo o recarga inductiva. Los trolebús también son considerados buses eléctricos, la principal diferencia es que utilizan catenarias conectadas a la red aérea para abastecerse de energía. Estos buses son considerados como innovaciones de nicho ya que son tecnologías radicales en relación a los buses con MCI.
- **Buses con células de combustible de Hidrógeno (*Fuel Cell Electric Bus FCEB*):** Son buses que también hacen parte de las innovaciones de nicho y convierten la energía química del hidrógeno almacenada en tanques comprimidos, en electricidad. Requieren una infraestructura especial para su abastecimiento. Las células de combustible son muy eficientes y menos contaminantes, pero su costo aún es muy elevado y no alcanzan la producción a escala.

En la siguiente figura se presentan gráficamente las diferentes categorías para los buses de baja emisión

Figura 4.1 Clasificación de los Buses de Baja Emisión



Fuente: Elaboración propia.

En relación a la arquitectura y configuraciones que tienen los diferentes buses de baja emisión al interior del vehículo, el siguiente cuadro muestra las principales tipologías.

Cuadro 4.1 Tipología de Buses de Baja Emisión

CONFIGURACIÓN DE LOS BUSES DE BAJA EMISIÓN	DEFINICIÓN
	Buses con Motor de Combustión Interna MCI: es la tecnología de que hace parte del Régimen Dominante. Los buses con tecnología Euro VI y que utilizan combustibles alternativos como GNV o biocombustibles, tienen la misma configuración que un MCI, la única diferencia es el tipo de combustible que utilizan para abastecerse.

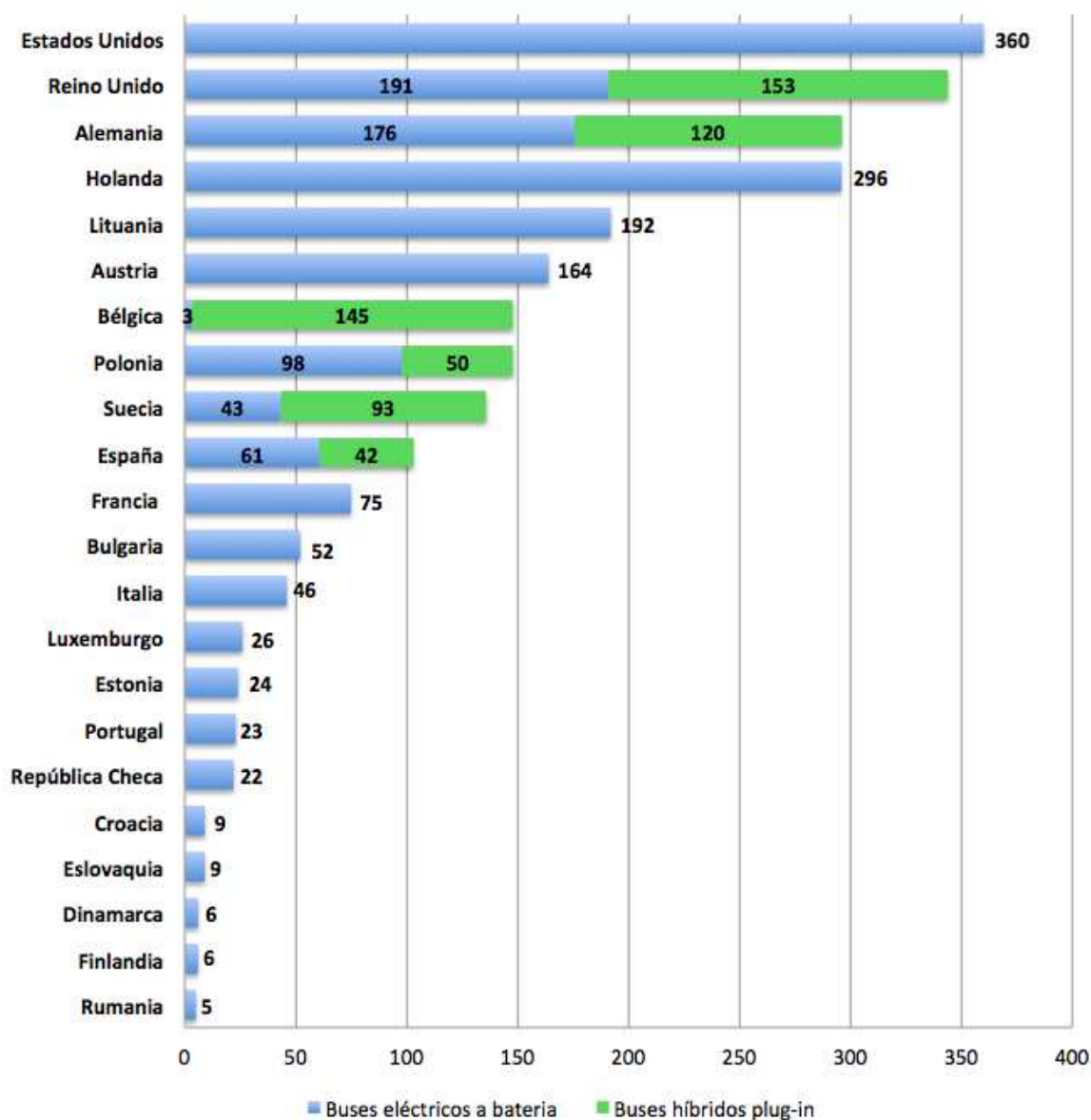
4.3 Contexto internacional de los buses de baja emisión

A nivel internacional el número de buses de baja emisión es pequeño en comparación al número de buses urbanos movidos a diésel. Aunque no hay una cifra estimada oficial del total de buses de baja emisión en el mundo, según datos de la (IEA, 2018), China es el mayor mercado de buses eléctricos a batería del mundo con 370.000 unidades (99% del mercado mundial), los cuales son producidos y comercializados exclusivamente por empresas de China y corresponden a aproximadamente el 18% de la flota de sus buses urbanos.

Europa es el segundo mayor mercado con 2.163 buses eléctricos, que incluyen buses eléctricos a batería y buses eléctricos *plug-in* que corresponden aproximadamente al 1,6% del mercado total de buses. Estos buses eléctricos se ubican principalmente en el Reino Unido (344); Alemania (296) y Holanda (296). Por su parte, Estados Unidos ocupa la tercera posición con 360 unidades (sin incluir los trolebús), que corresponden al 0,5% del total de la flota de buses urbanos que es el aproximadamente 70.000 buses. (BNEF (BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE), 2018).

No hay cifras consolidadas del número de buses eléctricos en otras regiones como América Latina y otros países de Asia, principalmente porque la mayoría de los buses eléctricos y de baja emisión son utilizados en proyectos de demostración con pocas unidades. En relación a los buses con células de combustible a hidrógeno en el año 2017 operaban aproximadamente 250 de estos buses (IEA, 2018). En el siguiente gráfico se presentan un gráfico con la participación de estos países, diferenciados entre buses eléctricos a batería y buses eléctricos *plug-in*.

Gráfico 4.1 Buses eléctricos a batería y buses híbridos *plug-in* 2017



Fuente: Elaboración propia a partir de BNEF, (2018).

Del lado de la producción, las principales empresas de fabricación de buses eléctricos en términos de unidades vendidas, son chinas, las cuales abastecen su mercado interno y otros mercados en crecimiento en países europeos, Estados Unidos y en América Latina. Las empresas líderes chinas son: *Yutong* (16%), *BYD (Build Your Dreams)* (13%), *Zhongtong Bus* (10%), *Nanjing Jinlong* (7%), *Zhuhai Yinlong* (5%), *Futian Ouhui* (4%) y otras (42%) (BNEF, 2018).

En Europa también hay un número importante de empresas de buses de baja emisión, principalmente eléctricos como *Solaris* (Polonia), *VDL Bus & Coach* (Holanda), *Optare* (Reino Unido) y *Volvo Bus* (Suécia), que abastecen principalmente el mercado europeo. En Estados Unidos, la empresa *Proterra* lidera el mercado de buses eléctricos a batería (BNEF, 2018).

En relación al número de puestos de recarga para buses eléctricos e híbridos, tampoco hay una cifra consolidada a nivel mundial. Sin embargo, teniendo en cuenta el liderazgo de China en los buses eléctricos, se considera que este país tiene 1 puesto de recarga para cada 3 buses eléctricos, los cuales son en su mayoría privados, pues se localizan en los garajes de las empresas operadoras de transporte público. En el caso de Europa, se considera que hay un puesto de recarga para cada bus eléctrico (IEA, 2018).

Con respecto a las políticas de incentivo, el crecimiento del mercado de la China ha sido impulsado por políticas de subsidio gubernamental, los cuales son entregados directamente a los fabricantes nacionales de buses para apoyar la producción local. Los subsidios pueden alcanzar hasta 180.000 yuanes (US\$28.000) por cada bus eléctrico (BNEF, 2018).

El gobierno central de China también entrega subsidios directamente a los gobiernos locales para la implementación de proyectos de demostración en ciudades piloto, que también involucran la infraestructura de recarga (CONSONI et al., 2018). En ciudades como Shenzhen, Pekín y Tianjin, los subsidios hacen que el precio de compra de los buses eléctricos a batería se encuentren en el mismo rango de los buses a diésel, lo que reduce substancialmente una de las principales barreras para la adopción de estos buses que es su costo de adquisición. De hecho, la ciudad de Shenzhen ha sido una de las ciudades beneficiadas de este tipo de incentivos y toda su flota de buses urbanos es electrificada con 16.500 unidades, la mayor flota de buses eléctricos de todo el mundo. Otra de las ventajas para la implementación de los buses eléctricos en China, es que en muchos casos, las ciudades son relativamente nuevas, lo que permite que los planificadores urbanos integren la infraestructura de recarga y las rutas de los buses eléctricos en la etapa de diseño (IEA, 2018).

En el caso de Europa se destaca el **Proyecto ZeEUS (*Zero Emission Urban Bus System*)** el cual tiene como objetivos principales: i) Fomentar soluciones totalmente eléctricas para la red de buses urbanos de gran capacidad; ii) Evaluar la viabilidad económica, ambiental, social de los buses eléctricos a través de escenarios operativos en toda Europa; iii) Facilitar el aumento del mercado de los buses eléctricos; iv) Apoyar a los tomadores de

decisiones con directrices y herramientas de cómo y cuando introducir buses eléctricos en sus flotas urbanas (ZEEUS, 2017).

Este proyecto tuvo una duración de 54 meses entre Noviembre de 2013 y Abril de 2018 y contó con un presupuesto de 22,5 millones de Euros. Fue coordinado por la UITP (Unión Internacional de Transporte Público) y co-fundado por la Comisión Europea bajo el *7th Research and Technological Development Framework Programme* (FP7) y la Dirección General para la Movilidad y el Transporte de la Unión Europea (ZEEUS, 2017).

Hacen parte del proyecto ZeEUS 40 miembros, entre los que se encuentran autoridades locales, empresas gestoras de transporte público, empresas de buses de baja emisión, operadores de flota, empresas de energía eléctrica, proveedores de sistemas de recarga para VE, centros de I&D, universidades y asociaciones no gubernamentales especializadas en transporte limpio. Se seleccionaron 10 ciudades europeas como proyectos de demostración, donde se testaron cerca de 107 buses eléctricos a batería, *plug-in* y trolebús, diferentes sistemas de recarga (pantógrafo, recarga de oportunidad, inductiva, *plug-in*), se calcularon los costos de operación y la reducción de emisiones de gases contaminantes.

Cada una de la 10 ciudades seleccionadas testó diferentes número de buses eléctricos de varias empresas europeas: Eindhoven (43 buses de VDL); París (23 buses de Bolloré); Varsovia (10 buses de Solaris); Estocolmo (8 buses de Volvo); Bonn (6 buses de Bozankaya); Cagliari (4 buses de Vossloh/Van Hool y 2 buses de Solaris); Münster (5 buses de VDL); Barcelona (2 buses de Irizar y 2 de Solaris); Londres (3 buses de dos pisos Alexander Dennis); Pilsen (2 buses de Skoda). Entre Agosto de 2015 y Enero de 2018 estos buses eléctricos recorrieron 5.661.126 km, lo que permitió un ahorro de combustible de 2.151.228 litros de diésel y un ahorro de 3.273 toneladas de CO₂ (GUIDA, 2018).

Uno de los casos más representativos del proyecto ZeEUS es el de Eindhoven, Holanda, que gracias a este proyecto cuenta con una de las mayores flotas de buses eléctricos de Europa que son fabricados por la empresa holandesa VDL. En la siguiente figura se presenta el garaje de la empresa Hermes, donde se encuentran instalados sistemas de recarga por pantógrafo: 22 sistemas de recarga lenta y 10 de recarga rápida. Otro de los aspectos que se resaltan en el caso de Eindhoven, es que estos buses funcionan en carriles exclusivos, lo que mejora la eficiencia del servicio de transporte público en esta ciudad (Ver Figura 4.2). En este sentido, la combinación de innovaciones de nicho tecnológicas como los buses de baja emisión y de innovaciones de nicho no tecnológicas como los sistemas de carriles exclusivos,

permiten en su conjunto estimular procesos de transición hacia una movilidad de bajo carbono. Se espera que hasta el año 2026 todos los buses de la ciudad sean eléctricos.

Figura 4.2 Buses eléctricos en Eindhoven, Holanda



Fuente: Fotografía tomada en Eindhoven, Holanda 3/07/17

Figura 4.3 Carriles exclusivos para buses eléctricos en Eindhoven, Holanda



Fuente: Fotografía tomada en Eindhoven, Holanda 3/07/17

Además del proyecto ZeEUS, la iniciativa ***Fossil-Fuel-Free Street Declaration*** del grupo de ciudades C40 *Cities Climate Leadership Group*, estableció dos compromisos desafiantes para hacer una transición hacia calles libres de combustibles fósiles: i) Adquirir buses con cero emisiones a partir del año 2025 y ii) Asegurar que los centros de las ciudades sean de cero emisiones para el año 2030.

Este compromiso fue firmado por los gobiernos locales de 26 ciudades (C40 CITIES, 2017). Ciudades como Atenas, Ciudad de México, París y Roma que hacen parte de este grupo, incluso ya anunciaron que van a adelantar esta prohibición para el año 2025. En el siguiente cuadro se presentan las ciudades que han anunciado la restricción del uso de vehículos con MCI, incluidas algunas de las ciudades que participan de la iniciativa *Fossil-Fuel-Free Street Declaration*.

Cuadro 4.2 Anuncios de las ciudades sobre la prohibición de circulación de vehículos con MCI (diésel y gasolina) en el centro de las ciudades

Ciudad	2024	2025	2030	2040
Roma	✓			
Atenas		✓		
Ciudad de México		✓		
Madrid		✓		
París		✓		
Bruselas			✓	
Estocolmo			✓	
Auckland			*	
Barcelona			*	
Birmingham			*	
Cape Town			*	
Copenhagen			*	
Gran Manchester			*	
Heidelberg			*	
Honolulu			*	
Londres			*	
Los Ángeles			*	
Medellín			*	
Milán			*	
Oslo			*	
Oxford			*	
Quito			*	
Rotterdam			*	
Santa Mónica			*	
Seattle			*	
Seúl			*	
Vancouver			*	
Warsaw			*	
West Hollywood			*	
Taipéi				✓

Nota: *Ciudades que hacen parte de la iniciativa *Fossil-Fuel-Free Street Declaration* y que anunciaron adquirir buses de cero emisiones a partir del año 2025.

Fuente: Elaboración propia a partir de C40 CITIES, (2017); ICCT, (2017); IEA, (2018).

En este sentido, las ciudades asumen un liderazgo importante en los procesos de transición de bajo carbono y en el estímulo al nicho de buses de baja emisión, ya que han establecido metas incluso más ambiciosas que los países (Ver Cuadro 2.3), para la prohibición de la circulación de vehículos con MCI, particularmente en el centro de las ciudades.

Para el caso de América Latina, se resaltan los casos de Costa Rica y de Chile, los cuales han definido Políticas y Planes Nacionales de Estímulo a la Movilidad Eléctrica, los cuales contemplan metas específicas para hacer una transición hacia buses de baja y cero emisiones en los próximos años.

En Costa Rica, en Febrero de 2018 fue promulgada la “Ley No. 9518 de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico”, la cual establece que los buses de cero emisiones tendrán una exoneración del 100% todos los impuestos, incluidos los impuestos sobre las ventas, al consumo y aduaneros. Además, el Artículo 26, establece como *“prioridad nacional la utilización de la energía eléctrica renovable en el transporte público nacional, incluidos los buses”* y el Artículo 28, establece que las concesiones de buses deben contemplar la sustitución paulatina de los buses a diésel por buses eléctricos, al menos cada dos años, con una meta dentro de este período no menor al 5% (COSTA RICA, 2018).

En el caso de Chile, en el año 2018 fue formulada la “Estrategia Nacional de Electromovilidad. Un camino para los vehículos eléctricos”, la cual estableció como meta para el año 2050 que el 100% del transporte público urbano debe ser eléctrico y se establecieron estrategias para impulsar decididamente la penetración de VE en el transporte público en las distintas ciudades del país. Una de las estrategias propuestas es que en las bases de la licitación para el transporte público colectivo de Santiago, Transantiago, se estableció la incorporación de buses eléctricos a batería. (MINISTERIO DE ENERGÍA; MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES; MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE DE CHILE, 2018).

De hecho, en Diciembre de 2018 llegaron los primeros 100 buses eléctricos a batería, fabricados en la China por la empresa BYD, los cuales se incorporaron al sistema BRT Transantiago. Estos buses eléctricos fueron financiados por la empresa de energía eléctrica ENEL, la cual alquilará los buses y el sistema de recarga a los operadores locales de Transantiago. Los buses eléctricos en circulación son utilizados por más de 137 mil personas todos los días y gracias a estos se está contribuyendo a mejorar la calidad del aire de la ciudad, e incluso ha motivado el uso de nuevos usuarios que no utilizaban el transporte público de Santiago de Chile.

Se espera que en los primeros meses del 2019 lleguen 100 nuevos buses eléctricos a batería, fabricados por la empresa china Yutong y financiados por la empresa de energía eléctrica ENGIE ENERGIA CHILE S.A. La implementación de los buses eléctricos en Transantiago, fue facilitada gracias a la creación de una Alianza Público-Privada entre Empresas de Energía Eléctrica (ENEL, ENGIE), empresas de buses eléctricos (BYD, YUTONG), operadores de flota de Transantiago y el Ministerio de Transportes de Chile.

Así, Chile se constituye en el segundo país del mundo, después de la China en tener una flota representativa de buses eléctricos en su sistema de transporte público con 200 unidades totalmente eléctricas, convirtiéndose en un referente no solo para América Latina, sino también a nivel mundial.

4.4 Caracterización de las innovaciones de nicho y proyectos de demostración de los buses de baja emisión en Brasil

En Brasil no hay una cifra consolidada y oficial acerca del número de buses de baja emisión. Sin embargo, a partir de informaciones obtenidas por el periodista Adamo Bazani del *Diário do Transporte* a través de sus reportajes y a partir de las entrevistas y trabajos de campo realizados durante esta investigación, la siguiente tabla presenta los datos estimados de los buses de baja emisión para Brasil, donde se incluyen los buses asociados a los proyectos de demostración⁶⁷.

⁶⁷ Esta tabla no incluye los buses movidos con biocombustibles ni con GNV debido a que no existe una estadística consolidada con estos datos. Debido al atraso en Fase del PROCONVE para vehículos pesados, en Brasil aun no hay buses con tecnologías Euro VI.

Tabla 4.1 Número estimado de buses de baja emisión en Brasil (Diciembre de 2018)

Ciudad	Empresa/Proyecto	Trolebús	Híbrido	Eléctrico a Batería	Buses con células a hidrógeno
<i>São Paulo (SP)</i>	<i>Ambiental Transportes Urbanos (SPTrans)</i>	201	0	1	0
	<i>Sambaíba Transportes Urbanos</i>	0	2	0	0
	<i>SPTrans (en demostración)</i>	0	0	1	0
	<i>VIP Unidade (SPTrans)</i>	0	1	0	0
	<i>Transwolff*</i>	0	0	15	0
<i>Corredor Metropolitano ABD (SP)</i>	<i>Metra/EMTU</i>	86	8 + 1 Dual Bus	1 (Dual bus)	3 (desactivados)
<i>Campinas (SP)</i>	<i>Itajaí Transportes Colectivos (EMDEC)</i>	0	2	11	0
	<i>Pádova Transportes Colectivos (EMDEC)</i>	0	0	2	0
	<i>VB Transportes (EMDEC)</i>	0	1	0	0
<i>Santos (SP)</i>	<i>Viação Piracicabana (CET Santos)</i>	6	1	1	0
<i>Curitiba (PR)</i>	<i>Consórcio Transbus/ Transporte Coletivo Glória/Pontual (URBS)</i>	0	30	0	0
	<i>Proyecto “Smart City Concepts in Curitiba”</i>	0	2	0	0
<i>Foz de Iguaçu (PR)</i>	<i>Itaipu Binacional/Parque Nacional das Cataratas</i>	0	5	0	0
	<i>Programa Veículo Eléctrico Itaipu</i>	0	1 (etanol)	0	0
<i>Brasília</i>	<i>Grupo Piracicabana/TCB Brasília</i>	0	0	2	0
<i>Florianópolis (SC)</i>	<i>Universidade Federal de Santa Catarina (Proyecto de Investigación Fotovoltaica UFSC)</i>	0	0	1	0
<i>Rio de Janeiro (RJ)</i>	<i>Proyecto “FURNAS-COOPE-UFRJ”</i>	0	1 (etanol)	1	1
<i>Bauru (SP)</i>	<i>Cidades sem limites</i>	0	0	1	0
	<i>Grande Bauru</i>	0	0	1	0
<i>Volta Redonda (RJ)</i>	<i>“Projeto Tarifa Comercial Zero” Prefeitura de Volta Redonda</i>	0	0	1	0
<i>Uberlândia (MG)</i>	<i>Viação São Miguel*</i>	0	0	8	0
<i>Cuiabá (MT)</i>	<i>Prefeitura de Cuiabá*</i>	0	0	3	0
<i>Maringá (PR)</i>	<i>Prefeitura de Maringá*</i>	0	0	2	0
Total		293	55	52	4
Total Buses de Baja Emisión: 404					

* Las negociaciones de estos buses eléctricos ya fue cerrada por la BYD y esperan ser entregados a finales del año 2018 y/o comienzos del 2019.

Fuente: Elaboración propia a partir de informaciones de Adamo Bazani del Diario do Transporte, entrevistas y trabajo de campo.

El número de buses de baja emisión estimado de 404 es pequeño si se compara con la flota total estimada de buses, que según datos de SINDIPEÇAS-ABIPEÇAS, (2018) fue de 382.260 para el 2017, y se constituye como la tercera mayor flota de buses del mundo, después de China e India. Esto significa que los buses de baja emisión representan tan solo el 0,1% del total de la flota de buses, lo que lo constituye como un mercado de nicho.

A continuación se describen los principales proyectos piloto y de demostración identificados para Brasil. Los proyectos específicos para el caso del Municipio de São Paulo, se analizarán en detalle en el capítulo 5.

4.4.1 “Ônibus Elétrico-Híbrido a Etanol” Itaipu-Binacional

Uno de los proyectos de demostración relacionados con los buses de baja emisión, que se destaca a nivel nacional, es la encomienda vertical del proyecto de investigación “*Ônibus Elétrico-Híbrido a Etanol*”, el cual está siendo liderado por la empresa Itaipu Binacional y fue desarrollado como parte del *Programa do Veículo Elétrico de Itaipu*. En el Box 4.1 se presenta un resumen de este programa⁶⁸.

⁶⁸ Las principales características del proyecto de demostración del *Ônibus Elétrico-Híbrido a Etanol*, fueron identificadas en el Trabajo de Campo 2, en las entrevistas 4 y 26 y en diferentes eventos de movilidad eléctrica

Box 4.1 Programa Veículo Eléctrico de Itaipu

Itaipu-Binacional es una *joint-venture* entre Brasil y Paraguay que tuvo origen en abril de 1973 a través de la firma del Tratado Itaipu, que es el instrumento legal para el aprovechamiento hidroeléctrico del Río Paraná, por parte de los dos países. En mayo de 1974, es formada la entidad binacional Itaipu, para gerenciar la construcción de la Usina, estructurada como una empresa internacional, la cual tiene una participación igualitaria entre las empresas *Eletrobras (Centrais Elétricas Brasileiras)* e Ande (Administración Nacional de Electricidad de Paraguay).

El *Programa do Veículo Eléctrico* de Itaipu, nació a partir de una alianza de cooperación técnico-científica entre la empresa de distribución de energía eléctrica de Suiza KWO (*Kraftwerke Oberhasli AG*) e Itaipu. La empresa KWO, trabajaba en el área de vehículos eléctricos, ya que en Suiza hay muchos túneles en sus carreteras, lo que estaba generando problemas en el cambio y renovación de aire por el uso de vehículos con MCI dentro de estos túneles. Este proyecto de cooperación abrió las puertas para traer nuevos aliados estratégicos y *know-how* sobre tecnologías de movilidad eléctrica para Brasil.

Es así como en el año 2006 nace el *Programa de Mobilidade Elétrica Sustentável*, cuyo objetivo principal es desarrollar capacidades de I&D en estas tecnologías bajo los conceptos de desarrollo sustentable y para traer competitividad para la empresa. La motivación de Itaipu es hacer I&D en movilidad eléctrica, sin ningún tipo de ganancia económica, ya que la empresa no puede generar lucros.

Algunos de los proyectos más representativos del *Programa Veículo Eléctrico* son: i) Línea de montaje del *Fiat Palio Eléctrico*; ii) Instalación de puestos de recarga (lentos y rápidos) para VE; iii) Proyecto de Baterías de Sodio; iv) Montaje del Renault Twizy; v) Plataforma de *car-sharing* con vehículos eléctricos dentro de las instalaciones de Itaipu; v) Prototipos eléctricos de demostración: Camión Eléctrico (Iveco), Mini-bus eléctrico (Iveco, Mascarello y Agrale), Off-Road 4x4 Marrua Eléctrico en alianza con Agrale, *Trikke Eléctrico*, Avión Eléctrico.

Fuente: Elaboración propia a partir del Trabajo de Campo 2 y Entrevistas 4 y 26.

En el año 2010, por encargo del Ex-Presidente Lula Da Silva, comenzó el Proyecto de “*Ônibus Eléctrico-Híbrido a Etanol*”, que debería ser presentado en la cúpula de presidentes de *Mercosul* y estados asociados, como una alternativa para el uso de Etanol de manera sustentable. Debido a este llamado, el proyecto ganó recursos de la FINEP (*Financiadora de Estudos e Projetos*), lo que permitió que un grupo de trabajo se dedicara exclusivamente a este proyecto.

Este proyecto de “bus conceptual o prototipo” fue realizado en alianza con diferentes proveedores nacionales: Ingeniería de integración: Eletra; Carrocería: Mascarello; Chasis: Tutto Transporti; Sistema de Tracción y generador (inversor-motor): WEG; Grupo generador: Motor de Combustión Mitsubishi (Etanol); Controlador: Magneti Marelli; Baterías de Sodio: FZ Sonick; Aire acondicionado: Euroar. Estas alianzas y *parcerias*, permitieron generar transferencia de conocimientos e integrar esfuerzos para el desarrollo de capacidades locales.

Precisamente uno de los objetivos del proyecto es el desarrollo de una red de proveedores nacionales que puedan abastecer una demanda nacional por tecnologías de buses de baja emisión y también de otro tipo de vehículos. De acuerdo con los entrevistados, *“Brasil tiene todas las capacidades para desarrollar componentes para vehículos eléctricos con empresas nacionales (carrocerías, chasis, power-train, motores, convertidores, baterías de sodio) y hacer estudios de nacionalización de componentes como llantas, ruedas y componentes electrónicos”*.

Las principales características de este bus son: i) Acceso en todas las puertas; ii) Chasis de piso-bajo; iii) *Power-Train* eléctrico (Híbrido-Serie); iv) Etanol de rango extendido; v) Aire acondicionado eléctrico; vi) Sistema de Freno Regenerativo; vii) Batería de Sodio; viii) Suspensión neumática controlada con función de inclinación vertical (*Kneeling Suspension*) En la siguiente figura se presenta una fotografía de este prototipo.

Figura 4.4 “Ônibus Elétrico-Híbrido a Etanol” Itaipu Binacional



Fuente: Itaipu Binacional.

Actualmente este proyecto está en una segunda fase de implementación, también con el apoyo de la FINEP, donde se está analizando el impacto en la red y la gestión de energía. Itaipu Binacional se encarga de hacer un “bus prototipo”, que debe usar obligatoriamente baterías de sodio y etanol, porque estos proyectos también fueron financiados por la FINEP. De acuerdo con los entrevistados, se espera que el proyecto finalice en el 2019 y una vez terminado el desarrollo del prototipo, la FINEP va a lanzar una convocatoria abierta para que empresas nacionales fabriquen 75 buses que sigan el prototipo desarrollado por Itaipu y que utilicen proveedores nacionales para su fabricación.

Asociado al proyecto del “*Ônibus Elétrico-Híbrido a Etanol*”, Itaipu inauguró en el año 2011 un Laboratorio para el desarrollo de una “Batería de Sodio Avanzada”, en alianza con la empresa KWO. Este proyecto de transferencia tecnológica también obtuvo recursos de la FINEP. La gestión del financiamiento, que es de US\$ 16 millones, será de la *Fundação Parque Tecnológico Itaipu (PTI)*.

Según los entrevistados del *Programa Veículo Elétrico* de Itaipu, las baterías de sodio son apropiadas para vehículos pesados como buses y camiones y para países de altas temperaturas como Brasil. Estas baterías tienen sistemas de gerenciamiento información y gerenciamiento de batería (BMS). Aunque las células de batería litio-ion sean más livianas en comparación a las de sodio, estas necesitan sistemas de refrigeración para que funcionen adecuadamente en países tropicales como Brasil. Así, el peso de las baterías de litio más el sistema de refrigeración, es equivalente al peso de las baterías de sodio.

Además, las baterías de sodio son más baratas que las baterías litio-ion, pero tienen el inconveniente, que solo hay un proveedor en el mundo, la empresa suiza FZ Sonick, lo que genera una pérdida de competitividad en relación al gran número de empresas que trabajan con baterías litio-ion. Itaipu tienen una patente de la Batería Sodio-Níquel-Cloro, que también conocida como Baterías Zebra (*Zero Emission Battery Research Activity*).

El proyecto de baterías de sodio se encuentra en una segunda etapa, que involucra el desarrollo de una tecnología con células planas y más pequeñas, que pueden ser divididas en módulos menores. Esta segunda etapa también está siendo financiada por la FINEP.

Estos dos proyectos liderados por Itaipu, son una oportunidad interesante, para desarrollar capacidades en la fabricación de buses híbridos a etanol, aprovechando los conocimientos y las capacidades creadas que tiene Brasil en etanol, para apoyar proveedores locales de componentes y para que las empresas de buses de baja emisión consigan tener una producción a escala de estos vehículos.

4.4.2 Proyectos de demostración financiados por la ANNEL

En el ámbito del programa de I&D de ANEEL (*Agência Nacional de Energia Elétrica*), se han desarrollado diferentes proyectos de demostración en movilidad eléctrica. Este programa obliga a las concesionarias de energía a realizar inversiones en I&D, siendo así un estímulo a la innovación en el sector eléctrico nacional. El objetivo del programa es: “*asignar adecuadamente recursos humanos y financieros en proyectos que demuestren*

originalidad, aplicabilidad, relevancia y viabilidad económica de productos y servicios, en los procesos y usos finales de energía [...] buscando la disminución del impacto ambiental del sector y la dependencia tecnológica del país” (ANEEL, 2016).

Algunas de las directrices del programa son: i) Ampliación de la coordinación de las acciones de fomento entre las instituciones públicas; ii) Posibilita el direccionamiento del desarrollo tecnológico ya que los aportes son hechos a partir de líneas temáticas establecidas en el *edital*; iii) Aumenta la disponibilidad de recursos a la actividad de I&D; iv) Posibilita la creación de consorcios, alianzas y cooperaciones entre empresas y entre empresas e instituciones de investigación.

Dentro los proyectos financiados por la ANEEL se destaca el Proyecto: **Desarrollo y Test de buses urbanos con tracción eléctrica (PD-0394-1250/2012)** que fue ejecutado por la empresa *Eletrobras Furnas Centrais Elétricas S/A* en colaboración con la FINEP, *Universidade Federal de Rio de Janeiro (UFRJ)*, el centro de investigación COPPE (*Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia*), el *Laboratório de Hidrogênio LabH₂ COOPE-UFRJ* y la empresa *Tracel Veículos Elétricos Ltda.* Este proyecto tuvo un costo de R\$11.511.238 y el período de ejecución es 2012-2018.

De acuerdo con las informaciones obtenidas en el Trabajo de Campo 9⁶⁹, las principales motivaciones de este proyecto son: i) Eliminación de fuentes de contaminación; ii) Electrificación del transporte de masa; iii) Modernización de los sistemas actualmente en uso, a través de tecnología nacional innovadora; iv) Nuevos negocios para Furnas.

En este proyecto fueron desarrollados prototipos de buses para el uso urbano con tres tecnologías de baja emisión:

- Buses con tracción 100% eléctrica: posee un sistema totalmente alimentado por baterías.
- Buses Híbridos Eléctrico/Hidrógeno: posee un abastecimiento de baterías de forma convencional y complementada por medio de pilas a combustibles alimentadas con hidrógeno, lo que proporciona aumento de la autonomía del vehículo. El proyecto de I&D de este bus, además de los recursos de la FINEP, también cuenta con el apoyo de la empresa Petrobras, CNPq (*Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*) y FAPERJ (*Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro*). Todos los equipos y subsistemas tecnológicos de este bus, fueron desarrollados completamente en Brasil. Las empresas que participaron como aliadas estratégicas de este

⁶⁹ Evento: “E-Mob: Eletromobilidade aplicada ao Transporte Público por ônibus”, Brasília 09/05/18.

proyecto son: WEG, Rotarex, Busscar, Guardian, EnergiaH, Energysat, Electrocell, Controllato, Manvel y Hubz. Este bus posee el mismo sistema de regeneración de energía cinética utilizado por los carros de la Formula 1, solo que en este caso, este sistema se utiliza para aumentar la eficiencia energética y economizar combustible, y no para ganar velocidad. La autonomía de este bus es de 300 km, que es equivalente a la de un bus a diésel para uso urbano (COPPE, 2010).

- Buses Híbridos Eléctricos a Etanol: además de la energía eléctrica obtenida de la red convencional, también posee un sistema que permite el uso de la tracción eléctrica a partir de energía generada por un sistema motor-generator a etanol. Este bus posee a bordo un extensor de autonomía para generación embarcada de energía eléctrica, basado en una máquina térmica a etanol y un generador de imán permanente. En la siguiente figura se presenta el prototipo.

-

Figura 4.5 Prototipo Bus Híbrido Eléctrico a etanol Furnas/UFRJ/Copee/Tracel



Fuente: Fotografía tomada en el Trabajo de Campo 9. Brasília, 09/05/18

Las principales características de este prototipo son: i) Bus urbano de 13 metros; ii) Piso bajo; iii) Aire acondicionado; iv) Tres puertas para corredor expreso; v) Suspensión de aire; vi) Autonomía de ciclo urbano de 400 km; vii) Capacidad de abastecimiento de etanol de 300 litros y conexión bidireccional a la red eléctrica; viii) Freno regenerativo. El costo aproximado de este bus es R\$1.500.000.

Los proyectos desarrollados por Furnas en cooperación con las instituciones ya mencionadas, son interesantes ya que desarrollan tecnologías nacionales, y al igual que en el caso de Itaipu, logran integrar el etanol en un modelo de bus híbrido, aprovechando las capacidades nacionales en la producción de etanol.

Otro de los proyectos de I&D financiados por la ANEEL que merece ser destacado es el ***Projeto Mobilidade Elétrica-Emotive: “PA0060 – Inserção Técnica e Comercial de Veículos Elétricos em Frotas Empresariais da Região Metropolitana de Campinas”***, de la empresa CPFL Energía. El principal objetivo del proyecto es: *“Constituir un Laboratorio real de Movilidad Eléctrica en la Región Metropolitana de Campinas para permitir la recolección de datos reales sobre las diversas aplicaciones e implicaciones de la tecnología, posibilitando el estudio y profundización de los impactos reales de los vehículos eléctricos para el sector eléctrico, además de proporcionar la creación de una cultura en movilidad eléctrica para la Región Metropolitana de Campinas, así como para el país”* (CPFL ENERGIA, 2016). En el Box 4.2 se presentan algunos datos generales de los resultados del proyecto EMOTIVE.

Box 4.2 Projeto Mobilidade Elétrica: EMOTIVE



El *Projeto Mobilidade Elétrica: EMOTIVE* tuvo una duración de 5 años (Agosto de 2013-Mayo de 2018) y fue financiado con recursos de I&D de la ANEEL, con una inversión estimada de R\$21,2 millones.

El objetivo principal del proyecto era la creación de un laboratorio real de movilidad eléctrica en la Región Metropolitana de Campinas a partir de la medición de datos reales para identificar los aspectos relevantes para el desarrollo de la movilidad eléctrica en Brasil. Para esto fueron realizados una serie de estudios académicos en alianza con la *Universidade Estadual de Campinas UNICAMP (Departamento de Política Científica e Tecnológica DPCT; Faculdade de Engenharia Mecânica FEM; Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação FEEC)*, los Centros de Investigación CPqD y CEiiA (*Centro de Excelência para a Inovação da Indústria Automóvel*) y la empresa Daimon. Los principales estudios fueron:

- Escenarios de adhesión: Definición de escenarios de adhesión para computo de las curvas de penetración de VE.
- Red de distribución de energía: Identificar impactos en la red de distribución de energía.
- Planeamiento energético: Estudio de los impactos en el planeamiento energético y en la carga de SIN.
- Tarifas y regulación: Estudiar los modelos de tarifas y regulación para esa nueva forma de consumir energía.
- Ciclo de vida de los VE y baterías: Analizar el ciclo de vida de las baterías e VE sobre la óptica de reaprovechamiento y aplicaciones de segunda vida (*second life*).
- Vehículo eléctrico como fuente de Generación Distribuida: Estudio de aplicaciones de V2G (*Vehicle to Grid*), V2V (*Vehicle to Vehicle*) y demanda de carga y red.
- Puestos de recarga: Proposición de requisitos técnicos y condiciones mínimas de seguridad para la instalación de puestos de recarga para VE.
- Modelos de negocios y Políticas Públicas: Análisis de nuevos modelos de negocios y necesidades de proposición de políticas públicas para la constitución de un ecosistema competitivo y sustentable.

El laboratorio real de movilidad eléctrica permitió testar el desempeño de 16 VE conectados a 25 puestos de recarga (10 públicos y 15 privados). Estos vehículos realizaron más de 1.500 viajes durante el 2017, rodando en promedio 1.000 km. Durante los 5 años de duración del proyecto se rodaron más de 470.000 km que representan una economía de combustible de aproximadamente R\$ 95 mil y se evitaron 61 toneladas de emisión de CO₂.

Fuente: CPFL ENERGIA, (2016); (LEITE, 2018).

Aunque el enfoque del proyecto EMOTIVE, eran los vehículos leves, los resultados fueron pioneros a nivel nacional en torno a la identificación de las condiciones necesarias para la formación de un mercado para VE. Estos resultados, permitieron crear un ecosistema de movilidad eléctrica en la Región Metropolitana de Campinas y fortalecer alianzas estratégicas entre la empresa CPFL Energía y universidades y centros de investigación reconocidos como Unicamp y CPqD. Además, este proyecto identificó que el impacto en la operación y planeación energética de las actividades de distribución de energía es mínimo en el mercado de energía (Porcentaje del *Sistema Interligado Nacional SIN*), lo

que desmitifica las afirmaciones relacionadas a que el uso de VEs puede generar problemas de abastecimiento de energía. Los resultados de este proyecto pueden servir de guía para la implementación de proyectos similares en otras ciudades brasileiras.

Una segunda etapa del Proyecto EMOTIVE consiste en el análisis de la infraestructura eléctrica necesaria para la recarga de buses eléctricos urbanos en el Municipio de Campinas. Este proyecto es una alianza estratégica entre la CPFL Energía junto con la empresa de transporte público EMDEC (*Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas*), que será encargada de proveer las informaciones relacionadas con las líneas de buses, trayectos, número de vehículos y costo de la tarifa, y con la empresa BYD (*Build Your Dreams*), que se encargará de las informaciones relacionadas con los buses eléctricos, como producción, costo, mantenimiento e infraestructura de recarga. Los resultados de este proyecto serán utilizados por la *Prefeitura de Campinas*, para la creación de una “Zona Branca” que consiste en una región central con aproximadamente 3 km² y un perímetro de 7 km, donde solo circularán buses movidos con energía limpia (EMDEC, 2018; Entrevista 18).

4.4.3 Ônibus Elétrico a Bateria Universidade Federal de Santa Catarina UFSC

Además de los programas de I&D de la ANNEL, entidades del gobierno federal también han financiado proyectos de buses de baja emisión. El *Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC)*, financió con un millón de reales, la fabricación de un **bus eléctrico a batería para el Grupo de Pesquisa Estratégica em Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (FOTOVOLTAICA-UFSC)**.

Este bus fue fabricado por la empresa brasileña Eletra (integración de los equipos) en alianza con las empresas WEG (Motor Eléctrico con 200/400 kW de potencia), Marcopolo (Carrocería *Torino Low Entry*) y Mercedes Benz (Chasis O500U Eléctrico) y tiene un paquete de baterías litio-ion con una capacidad de 128 kWh. Tiene capacidad para 38 pasajeros, aire acondicionado, módulos solares fotovoltaicos integrados y una autonomía de 200 km con 4 recargas de 6 minutos. Además, este bus cuenta en su interior con mesas de trabajo, conexión wi-fi, tomadas eléctricas y puertos USB, lo que permite que los pasajeros puedan generar un

ambiente de trabajo dentro del bus (DIÁRIO DO TRANSPORTE, 2016a; Trabajo de Campo 7⁷⁰).

Este bus eléctrico circula entre el campus de Florianópolis (*Trinidade*) y el Centro Integrado de Pesquisa em Energia solar en el Sapiens Parque (*Cachoeira do Bom Jesus*), y realiza 5 viajes por día, con un trayecto de 52 kilómetros ida y vuelta, y circula aproximadamente 5.000 km/mes. En la siguiente figura se presenta la fotografía de este bus eléctrico.

Figura 4.6 Bus eléctrico a baterías *Laboratório Fotovoltaica UFSC*



Fuente: Fotografía tomada en el *XII Salão Latino-americano do Veículo Elétrico*, São Paulo 01/09/16

Una de las principales características de este bus eléctrico es que es alimentado totalmente por un sistema fotovoltaico integrado a la cobertura de las edificaciones del Laboratorio Fotovoltaica de la UFSC. Este laboratorio tiene dos bloques principales: el bloque A tiene un área de 450,57 m² y el bloque B un área de 174,84 m². Las cubiertas de ambos edificios tienen integración con módulos fotovoltaicos con diferentes tecnologías y diferentes capacidades de generación de energía solar medida en kWp (Kilovatio pico): Bloque A: 66,15 kWp y Bloque B: 13,50 kWp. Además de la integración fotovoltaica en los edificios, hay un sistema fotovoltaico en el estacionamiento con 13,44 kWp, un conjunto de estructuras fotovoltaicas de suelo de 10kWp y un sistema fotovoltaico en el techo de la estación de recarga del bus eléctrico de 2,44 kWp. El centro también cuenta con una turbina eólica y una sub-estación para la conexión de los sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica

⁷⁰ Presentación sobre el “Ônibus Elétrico a Bateria UFSC”. Evento: “Fórum Brasil-Alemanha de Mobilidade Elétrica” São Paulo, 20/10/17

pública (MATTES et al., 2018; Trabajo de Campo 7). En la siguiente figura se presenta el esquema del Centro de Investigación Fotovoltaica UFSC y la distribución de los sistemas fotovoltaicos.

Figura 4.7 Sistema Fotovoltaico *Laboratório Fotovoltaica UFSC*



Fuente: (RÜTHER, 2017; Trabajo de Campo 7).

Este proyecto de demostración y de investigación es de gran relevancia ya que integra dos fuentes de energías alternativas, por un lado la tecnología del bus eléctrico a batería, y por otro, el sistema de recarga hecha por energía solar-fotovoltaica. De acuerdo con Mattes et al., (2018), los datos recopilados del desempeño del bus eléctrico durante un año (Noviembre 2016-Octubre 2017), demostraron que el consumo de energía solo representó el 75% de la producción de energía fotovoltaica del laboratorio, lo que significa que un bus con estas características puede funcionar totalmente con energía solar fotovoltaica. A futuro, los resultados de este proyecto pueden dar elementos para justificar la creación de sistemas de recarga con energía solar fotovoltaica para buses eléctricos a batería en áreas urbanas, lo que disminuirá el gasto por consumo de energía eléctrica.

4.4.4 Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio

Una de las iniciativas destacadas en el Estado de São Paulo, fue la incorporación de tres buses movidos a hidrógeno a la flota vinculada a la Secretaria de los Transportes Metropolitanos de São Paulo, con la coordinación de la EMTU/SP (Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos).

La coordinación nacional de este proyecto fue del PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), la coordinación institucional del *Ministério de Minas y Energia (MME)*, específicamente de la *Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis*. El valor total del proyecto fue de cerca de US\$ 20 millones: US\$ 12,3 millones aportados por el *Fundo Global para el Medio Ambiente (Global Environment Facility GEF)* y US\$ 8,4 millones de la FINEP. En la siguiente figura se presentan los tres buses a hidrógeno.

Figura 4.8 Buses Brasileños movidos a Hidrógeno



Fuente: Fotografías tomadas en el Trabajo de Campo 1, São Bernardo do Campo, 28/04/16.

Los buses fueron desarrollados con tecnología brasileña, mediante la alianza de empresas nacionales y extranjeras, las cuales se describen a continuación (EMTU, 2010):

- *EPRI International Inc. (Electric Power Research Institute Inc.):* Centro de I&D estadounidense que lideró el consorcio y gerenció todo el proyecto.
- *AES Eletropaulo (Eletricidade de São Paulo S.A):* Se encargó de la especificación, diseño, aprobación y conexión de la sub-estación eléctrica en la red de distribución de energía. Eletropaulo participó en este proyecto debido a que por disposición de la ANEEL, el 0,2% de sus ingresos operacionales líquidos son destinados a I&D en energía.
- *Ballard Power Systems:* Empresa canadiense, que se encargó de las células de combustible a hidrógeno.
- *Hydrogenics Advanced Hydrogen Solutions:* Empresa de Bélgica, proveedora de los electrolizadores para la producción de hidrógeno.
- *Nucellsys (The Fuel Cell Systems Company):* Empresa de origen alemán que se encargó del sistema de células de combustible.
- *Petrobras Distribuidora:* Es una subsidiaria de Petrobras, que fue responsable por la integración entre AES Eletropaulo e Hydrogenics para la preparación del proyecto de la estación, obtención de las licencias para la instalación y operación y construcción y mantenimiento de la estación de abastecimiento. El CENPES (*Centro de pesquisas e desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello*), como parte de Petrobras, se encargó del análisis de los riesgos y de la seguridad operacional de la estación de abastecimiento.
- *Marcopolo:* Empresa brasileña localizada en Rio Grande do Sul que se encargó de la carrocería.
- *Tutto Transporti:* Empresa brasileña ubicada en *Rio Grande do Sul*, diseñó el chasis, el cual fue proyectado exclusivamente para este tipo de bus.

La iniciativa del bus a hidrógeno consiguió nacionalizar diversos componentes, aproximadamente el 60% son nacionales, lo que permitió que su costo de producción fuera menor en comparación con buses similares en otros países (FINEP, 2015). El proyecto priorizó la adquisición y transferencia de conocimiento para la producción nacional de este tipo de buses y aprovechó la experiencia y la capacidad de producción local de carrocerías y chasis.

Además de la fabricación de los buses, el proyecto también desarrolló e instaló una estación de producción de hidrógeno por electrólisis⁷¹ a partir de agua para el abastecimiento de los buses, la primera construida en América Latina. La principal ventaja de esta tecnología es que no hay ningún tipo de emisión de gases contaminantes, solo vapor de agua. Esta estación se encuentra localizada en los garajes de la empresa EMTU en São Bernardo do Campo, SP.

La idealización de este proyecto comenzó en la década de 1990, cuando el PNUD y el GEF crearon un programa de apoyo a la comercialización de buses urbanos movidos a hidrógeno en países en desarrollo (FINEP, 2015). El proyecto comenzó a ser ejecutado en el año 2006, en el año 2009 se iniciaron los testes operacionales y en diciembre de 2010, el bus prototipo pasó a ser testado en el Corredor Metropolitano ABD (*São Mateus-Jabaquara*) en el ABC Paulista, operado por la empresa concesionaria Metra.

Originalmente, el proyecto fue concebido para ejecutarse en 4 etapas: i) Fase 1: Pre-viabilidad y estrategia propuesta para la introducción de una nueva tecnología; ii) Fase 2: Proyecto de demostración; iii) Aumento de escala; iv) Desarrollo comercial e industrial (EMTU, 2010). Sin embargo, de acuerdo con las informaciones recolectadas en el Trabajo de Campo 1⁷², después de un período de utilización comprendido entre 2010 y 2014, los buses fueron desactivados, por lo cual no se logró cumplir con las etapas de aumento de escala y desarrollo comercial e industrial. La justificación para el abandono de la este proyecto, obedece al término del contrato existente y la no renovación del mismo. Además, ninguna otra empresa operadora demostró interés en continuar con este proyecto, afirmando que los costos operacionales exceden a los de los buses convencionales a diésel e incluso son mayores que los buses eléctricos a batería e híbridos. De hecho, este fue el principal desafío de este proyecto, tornarlo económicamente viable como modelo de negocio para ser incorporado en gran escala en áreas urbanas.

⁷¹ El proceso al interior de la planta de abastecimiento, remueve las moléculas de hidrógeno a partir de la quiebra de moléculas de agua, aislando el hidrógeno y liberando las moléculas de oxígeno para la atmósfera. El hidrógeno después de filtrado y purificado será comprimido en alta presión y reservado en tanques especiales, que servirán de reserva para el abastecimiento de los buses a hidrógeno (EMTU, 2010).

⁷² Visita técnica EMTU, São Bernardo do Campo, 28/04/16.

4.4.5 Programa piloto de buses eléctricos en Campinas

El municipio de Campinas es uno de los más representativos en el Estado de São Paulo, con una población estimada para el 2018 de 1.194.094 (IBGE, 2018), ocupando la tercera posición después de São Paulo y *Guarulhos* y un PIB de R\$ 56.400 billones, ocupando también la tercera posición después de São Paulo y *Osasco* (IBGE, 2015).

Diferentes proyectos de demostración y proyectos piloto han dado las bases para que Campinas configure un ecosistema de movilidad eléctrica. Como ya fue mencionado en la sección 4.4.2 y en el Box 4.2, la empresa CPFL Energia y su proyecto EMOTIVE promovió la creación de una cultura de movilidad eléctrica y patrocinó la instalación de 16 puntos de recarga para VE. Además, fueron realizados diferentes proyectos de investigación en conjunto con la Unicamp y con el Centro de I&D CPqD.

En relación al transporte público colectivo, tal como fue presentado en la Tabla 4.1 Campinas tiene la mayor flota de buses eléctricos a batería de Brasil: 13, además de contar con 3 buses híbridos y 3 taxis eléctricos. Los buses de baja emisión se distribuyen así: *Itajaí Transportes Coletivos*: 11 buses eléctricos a batería y 2 buses híbridos; *Coletivos Pádova*: 2 buses eléctricos a batería; y *VB Transportes*: 1 bus híbrido. Aunque estos números puedan parecer pequeños en relación al número total de buses a diésel de la ciudad, que según datos de EMDEC es de 1.145 buses (EMDEC, 2018), es un número importante comparado con otras ciudades latinoamericanas e incluso con ciudades europeas, Barcelona por ejemplo tiene 4 buses eléctricos a batería (ZEEUS, 2017).

La flota de 13 buses eléctricos a batería fue fabricada en Brasil por la Empresa China BYD, instalada en Campinas desde el año 2014. Estos buses tienen piso bajo y poseen una autonomía de 250 km, que puede llegar hasta 300 km gracias a la tecnología de freno regenerativo. La recarga de la batería es realizada en los garajes de las empresas en un período de 4 horas. En la siguiente figura se presenta uno de los buses eléctricos a batería de la empresa *Itajaí Transportes Coletivos*.

Figura 4.9 Bus eléctrico a batería *Itajaí Transportes Coletivos*



Fuente: Fotografía tomada en el Trabajo de Campo 3 (BYD). Campinas, 06/04/17.

De acuerdo con la empresa Pádova Coletivos (Entrevistado 5), el desempeño de estos buses eléctricos ha sido exitoso y ha permitido no solo disminuir las emisiones de contaminantes, sino también el ruido de los buses, que era una queja constante de la población localizada en las cercanías de las rutas que realizan los buses. Según el entrevistado, *“hay un interés grande por parte de la empresa para comprar más buses eléctricos”*.

La compra de estos buses fue una iniciativa de las empresas, incluso fue hecha sin tener ninguna exigencia en cuanto a la reducción de emisiones en el sistema de transporte colectivo, por parte del gobierno local. El objetivo de las empresas era testar la tecnología y aprender de sus costos de mantenimiento y de su desempeño en la operación cotidiana y adelantarse a la licitación del transporte público de Campinas, que prevé unas metas de reducción de emisiones. De acuerdo con el Entrevistado 18 (EMDEC): *“esta compra no tuvo ningún tipo de apoyo financiero por parte de la Prefeitura del Municipio de Campinas”*.

La incorporación de estos buses fue viabilizada por la empresa BYD, la cual utilizó el modelo de *leasing de baterías* para hacer viable la compra de este tipo de tecnologías. De acuerdo con el entrevistado 9 (BYD): *“Como parte del acuerdo comercial con estas empresas, BYD va a cambiar toda la flota para incorporar un banco de baterías con la última tecnología desarrollada por BYD y cambiar la carrocería, lo que permitirá mejorar el desempeño de los buses”*.

Además de los proyectos de la *“Zona Branca”* y del acuerdo entre EMDEC, BYD y la CPFL Energia, sobre el análisis de los costos del sistema de transporte público eléctrico, la *Prefeitura* de Campinas, tiene la previsión de lanzar una nueva licitación para el Transporte Público Colectivo en el año 2018, la cual tiene dentro de sus objetivos incorporar un

porcentaje de buses eléctricos a batería. De acuerdo con el Secretario de Transportes de Campinas y presidente de EMDEC, Carlos José Barreiro: “*la nueva licitación de la concesión de transporte público colectivo de Campinas, prevé la contratación de 250 buses eléctricos, lo que significa cerca del 20% de toda la flota de la ciudad*” (ROVÊDO, 2018). Estos buses operarán en la “Zona Branca” y en el nuevo sistema de BRT de la ciudad denominado “*Rapidão de Campinas*”⁷³, lo que permitirá la reducción de contaminantes locales en las zonas por donde transitan los buses, además de mejorar la movilidad urbana y su eficiencia operacional gracias al uso de líneas exclusivas de tránsito.

Así, todos estos proyectos configuran el liderazgo que puede tener una ciudad como Campinas en promover una movilidad de bajo carbono y contribuir a la disminución de contaminantes locales que afectan la salud de la población. Pasar de la fase de proyectos piloto a una incorporación a grande escala, como está previsto por la licitación, puede servir de ejemplo para otras ciudades de Brasil e incluso a nivel latinoamericano.

4.4.6 Movilidad de bajo carbono en Curitiba

Otra ciudad que merece ser destacada en Brasil en temas relacionados con la movilidad de bajo carbono, es Curitiba, capital de Paraná, que tiene una población estimada para el 2018 de 1.917.185 (IBGE, 2018), y un PIB de R\$ 83.864 billones, ocupando el primer lugar en Paraná y el quinto lugar entre las capitales de Brasil (IBGE, 2015).

Históricamente, Curitiba fue la primera ciudad del mundo en implantar los Sistemas BRT (*Bus Rapid Transit*) en 1974, como una alternativa económica para utilizar buses con mayor capacidad y que transitaran por vías exclusivas. Curitiba cuenta con 6 corredores exclusivos, que han sido denominados como “canaletas expresas”, las cuales totalizan 85 km y hacen parte de la *Rede Integrada de Transporte Coletivo (RIT)*, la cual es coordinada por la empresa *Urbanização de Curitiba S/A (URBS)*.

⁷³ El sistema BRT de Campinas, denominado como “*Rapidão de Campinas*”, contempla la creación de tres corredores: Corredor *Ouro Verde* (14,6 km); Corredor Campo Grande (17,9 km); y Corredor Perimetral (4,1 km), cuya finalización está prevista para el primer semestre de 2020. Campinas fue uno de los municipios contemplados por el *Programa de Aceleração do Crescimento (PAC Mobilidade Grandes Cidades)*, con recursos destinados a la implantación de corredores exclusivos para el transporte de pasajeros en el padrón BRT (EMDEC, 2018).

El compromiso de la ciudad con la promoción de una movilidad de bajo carbono fue ratificado en el año 2014, cuando se unió al programa C40. Este compromiso implica que la ciudad debe tomar medidas para mejorar la movilidad urbana, introducir nuevas tecnologías en el transporte, mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de GEI y de contaminantes locales.

En relación a la movilidad de bajo carbono, la empresa Volvo, que tiene sede en la ciudad de Curitiba donde produce camiones, buses y camiones, ha estado involucrada en diferentes proyectos de movilidad de bajo carbono. En el año 2009, comenzó la fabricación de buses híbridos en serie a diésel. De acuerdo con el entrevistado 3: *“Volvo ya tenía algunas competencias para proveer chasis para trolebús, pero solo fue en el año 2009, que se tomó la decisión de insertarse en la movilidad eléctrica y el primer paso para esto fue a través de los buses híbridos”*. Es así como realizaron una alianza con la empresa austriaca de Baterías Magna para comenzar la fabricación de buses híbridos en serie. En el período 2009-2010 Volvo vendió 30 buses híbridos para el sistema de BRT de Curitiba, los cuales continúan en operación.

Otra iniciativa que se destaca en relación a la movilidad de bajo carbono es el proyecto *“Smart City Concepts in Curitiba: Innovation for sustainable mobility and energy efficiency”*, compuesto por un consorcio entre Brasil y el gobierno de Suecia, el cual recibió fondos de la agencia de innovación sueca VINNOVA (*The Swedish Governmental Agency for Innovation Systems*) y fue desarrollado entre Octubre de 2014 y Diciembre de 2017.

Hicieron parte de este proyecto entidades académicas y gubernamentales de los dos gobiernos. Por parte de Suecia participaron: la universidad KTH (*Royal Institute of Technology*), la empresa Volvo y la empresa de consultoría Combitech que hace parte del grupo de seguridad y defensa SAAB AB. Por parte de Brasil participaron: la Prefeitura de Curitiba, URBS, la UTFPR (*Universidade Tecnológica Federal do Paraná*), el IPPUC (*Instituto de pesquisa e planejamento urbano de Curitiba*) y el CIBS (*Centro de pesquisa e inovação sueco-brasileiro*). Este proyecto también tuvo la colaboración de Ericsson, SETRANS (*Sindicato das empresas de ônibus de Curitiba e Região Metropolitana*) y las empresas de transporte urbano Redentor, Cidade Sorriso y Glória.

El objetivo principal del proyecto fue: *“explorar soluciones sostenibles para la movilidad urbana con potencial para mejorar la eficiencia energética y de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. El foco fue el desafío relacionado con la electrificación del transporte público de buses”* (SILVEIRA, 2018).

Este proyecto testó dos tecnologías de buses híbridos: híbrido articulado e híbrido *plug-in*. Se evaluaron los impactos ambientales de estas tecnologías, su operación en el sistema BRT, su eficiencia energética y se analizaron las oportunidades y desafíos relacionados con la ampliación de un sistema de buses eléctricos para la ciudad de Curitiba. El proyecto también exploró el papel de las TIC's para mejorar la planificación y operación del transporte público, la conectividad y la calidad de los servicios de movilidad. Además, se utilizaron modelos de simulación por computador para determinar donde deberían ser instalados las estaciones de recarga para los buses (SILVEIRA, 2018).

El bus híbrido articulado (*HibriPlus*) de la empresa Volvo comenzó su operación el 18 de marzo de 2016 y fue incorporado en la línea Interbarrios II. Según informaciones de la empresa, este híbrido articulado tiene capacidad para 154 pasajeros, posee tecnología de emisiones Euro VI, lo que sumado a la tecnología híbrida, emite hasta 39% menos CO₂ y 50% menos material particulado y NOx que vehículos similares Euro V movidos a diésel (DIÁRIO DO TRANSPORTE, 2016a). En la siguiente figura se presenta el bus híbrido (*HibriPlus*).

Figura 4.10 Bus híbrido articulado *HibriPlus* de Volvo



Fuente: Divulgación de Volvo, (DIÁRIO DO TRANSPORTE, 2016a)

El bus híbrido *plug-in* (*HibriPlug*) también de la empresa Volvo, comenzó su operación el 29 de Junio el 2016 en la ruta Juvevê-Agua Verde, tiene capacidad para 91 pasajeros y fue instalada una estación de recarga en la última parada del bus (SILVEIRA, 2018). En la siguiente figura se presenta el bus híbrido (*HibriPlug*) en la estación de recarga ubicada en una plaza en la Rua Menezes Doria.

Figura 4.11 Bus híbrido *plug-in* (HibriPlug) de Volvo



Fuente: Divulgación de Volvo (SILVEIRA, 2018)

La principal diferencia entre este bus híbrido *plug-in* y los modelos híbrido-serie e híbrido-serie articulado, es que permite la recarga externa de la batería en los puntos de embarque y desembarque de pasajeros, que solo tarda 6 minutos para recibir la carga total. La batería también puede ser cargada con freno regenerativo, tal como funciona en las versiones anteriores de buses híbridos (DIARIO DO TRANSPORTE, 2016b).

El desarrollo de este bus híbrido *plug-in* también contó con el apoyo de una alianza global de Volvo con Siemens, empresa que desarrolló las estaciones de recarga rápida de baterías de motor eléctrico, lo que permite que los vehículos tengan más tiempo de operación en modo eléctrico, reduciendo así el consumo de combustibles fósiles.

De acuerdo con (DREIER, 2015), el bus híbrido articulado y el híbrido *plug-in* consumen 30% y 75% menos energía (MJ/km) respectivamente, en comparación con un bus a diesel similar, lo que permite la reducción de 1,1 kg de CO_{2e} por cada kilómetro recorrido. Esto representa una enorme ganancia ambiental para la ciudad y la reducción del costo de operación gracias a que tienen una eficiencia en el consumo de combustible mejorada.

Estos proyectos de demostración y la incorporación en la operación cotidiana de los buses híbridos, demuestran que, al igual que en el caso de Campinas, los gobiernos locales son fundamentales para el estímulo de diferentes innovaciones de nicho asociadas a una movilidad de bajo carbono. Además, el hecho de pertenecer al programa internacional C40, ha sido importante para estimular tomar acciones más inmediatas en torno a la reducción de emisiones de GEI y de contaminantes locales.

4.5 Actores de nicho asociados a los buses de baja emisión

Para el estímulo de los buses de baja emisión, hay una participación de actores heterogéneos, que pertenecen tanto al régimen socio-técnico, como a las innovaciones de nicho. En esta sección se presentan los actores de nicho, que incluyen empresas de fabricación de buses y componentes, empresas del sector eléctrico, universidades, centros de investigación, entre otros, los cuales fueron identificados a partir de los proyectos de demostración y proyectos piloto.

En relación a los actores de la industria, actualmente en Brasil se encuentran 3 fábricas de buses de baja emisión: Eletra (São Paulo, SP) y BYD (Campinas, SP) consideradas como empresas de nicho, y la empresa Volvo (Curitiba, PR) que aunque es considerada como una empresa del régimen, también tiene actuación a nivel de nicho, específicamente en relación a los buses híbridos. Además, hay una red de empresas nacionales de autopartes y componentes para el segmento de pesados que pueden apoyar la producción local de este tipo de buses: WEG (Motores); Baterías Moura y empresas de carrocerías y de chasis. Estas empresas tienen plantas productivas en el país, sin embargo, aun no cuentan con la demanda suficiente para incrementar su producción a gran escala, por lo cual su producción es hecha a la medida de acuerdo a una demanda específica. A continuación se presenta un perfil general de estas empresas, el cual fue construido a través de entrevistas, trabajo de campo y fuentes secundarias.

4.5.1 *Eletra Tecnologia de Tração Elétrica*⁷⁴

Para esta investigación, la empresa *Eletra Tecnologia de Tração Elétrica* es considerada una empresa de nicho. *Eletra* es una empresa brasileña que desarrolla e integra sistemas de tracción eléctrica para buses de baja emisión.

Eletra surgió por iniciativa de la empresa de Transportes Metra, la cual opera en el corredor metropolitano ABD (*São Mateus-Jabaquara*) y en la extensión *Diadema-Brooklin* que une las zonas este y sur de la ciudad de São Paulo. Según informaciones del Entrevistado 2 (*Eletra*), la empresa Metra había ganado la concesión del operador metropolitano ABD para que funcionara 100% con trolebús. Este corredor no tenía toda la estructura aérea necesaria para funcionar con trolebús, de 33 km, solo 22 km soportaban la operación con trolebús. Para superar este inconveniente, la empresa Metra decidió crear *Eletra* en 1996, para que desarrollara alternativas de tracción eléctrica que no dependieran exclusivamente de la red y para esto, contrató un equipo técnico de ingenieros para desarrollar esta tecnología.

En un principio, *Eletra* solo desarrollaba alternativas de tracción eléctrica para la empresa Metra. En el año 2002 obtuvo su propia personería jurídica, lo que le permitió ofrecer sus productos a otras empresas, además de Metra. Sin embargo, su principal cliente continua siendo Metra, y el trabajo de *Eletra* en parte continua direccionado por las demandas de este operador (Entrevista 2 *Eletra*).

Eletra tiene varios productos relacionados con buses de baja emisión: trolebús, híbrido y eléctrico puro. Su experiencia central es con los sistemas de tracción eléctrica para Trolebús que operan conectados a una red aérea de distribución eléctrica. Estos trolebús poseen un motor eléctrico de corriente continua, están equipados con baterías que permiten movilizarse sin red aérea por hasta 20 km y utilizan el freno regenerativo para recargarlas. Estas baterías pueden ser de plomo-ácido o de litio-ion. De acuerdo con el entrevistado 2, la vida útil de los trolebús, es de 25 años, solo se debe hacer algunas actualizaciones en relación al chasis y a los equipamientos eléctricos.

En relación a la red aérea de distribución para los Trolebús, en un principio era suministrada por la empresa Eletropaulo, sin embargo esta empresa quería cobrar un sobretasa por el uso de esta red. Ante esto, el Municipio de São Paulo, decidió declarar la red aérea como patrimonio de la ciudad y encargarse ella misma del mantenimiento de la red. Por esta

⁷⁴ Las informaciones sobre los productos de *Eletra* fueron tomadas de su sitio web: <http://eletrabus.com.co> y fueron explicadas en detalle en las Entrevistas 2 y 6 presenciales en la empresa.

razón, el costo operativo de un trolebús es más alto en comparación a otras tecnologías de buses de baja emisión, porque se debe tener en cuenta el mantenimiento de la red aérea.

Otro de los productos de la empresa *Eletra* es el bus híbrido-serie el cual funciona con un motor eléctrico con dos fuentes de energía: un conjunto motor-generador a diésel y un banco de baterías. El sistema de tracción es similar al del trolebús, la principal diferencia es que no se alimenta de una red externa de energía, y las baterías se recargan mediante freno regenerativo, o si es necesario por el grupo motor generador. Este motor generador puede funcionar con diésel, alcohol, gas o gasolina.

Eletra también desarrolló con tecnología nacional un bus eléctrico a baterías, en alianza con las empresas japonesas *Mitsubishi Heavy Industries* y *Mitsubishi Corporation*. Este bus funciona con un motor eléctrico, cuya una fuente de energía es un banco de baterías. Estas baterías tienen una carga lenta de 3 horas que garantiza una autonomía operacional de 200 km y también tiene una recarga rápida de 5 minutos que da 11 km de autonomía.

Como una combinación de estas tecnologías, *Eletra* desarrolló un bus eléctrico que puede operar como híbrido (grupo generador + baterías), como trolebús (red aérea), o como eléctrico puro (baterías), el cual fue denominado como Dual-Bus. Este tipo de bus da mayor flexibilidad ya que puede operar en varios sistemas, dependiendo de la necesidad. Por ejemplo, en una zona de baja emisión puede operar como trolebús o eléctrico puro y en zonas que no tienen esta restricción puede operar como híbrido. Las baterías que utiliza este bus son de litio y su recarga es a través de freno regenerativo. En la siguiente figura se presenta el Dual-Bus.

Figura 4.12 Dual-Bus de la Empresa Eletra



Fuente: Fotografía tomada en el I Dia da Mobilidade Elétrica, São Paulo, 25/05/17

Eletra consiguió padronizar los sistemas de tracción para sus diferentes tipos de buses de baja emisión, lo único que cambia es el sistema de abastecimiento que puede ser por red eléctrica, diésel, etanol o baterías. De acuerdo con el entrevistado 6 (*Eletra*): “*el hecho de padronizar el sistema de tracción elimina la inseguridad, tanto del operador como del poder público, lo que quiebra una serie de paradigmas, principalmente en relación al desempeño y vida útil de la batería*”.

Eletra como empresa integradora, trabaja con diferentes empresas de autopartes y componentes, principalmente nacionales, para fabricar sus buses. Para la parte de chasis y carrocería trabaja en alianza con Mercedes Benz, Caio y Marcopolo; la parte de inversores y motores eléctricos con WEG; baterías con Mitsubishi Heavy Industries, entre otros.

La producción de los buses de *Eletra* es básicamente sobre encomienda y atendiendo a las especificaciones de cada cliente, por esta razón el valor de un bus puede variar, tanto por las especificaciones del cliente, como por la combinación de proveedores para la fabricación de los buses. Tal y como se presentó en la sección anterior, *Eletra* ha participado en diferentes proyectos de demostración, como el bus eléctrico híbrido a etanol de Itaipu y el bus eléctrico a batería, con recarga de energía solar-fotovoltaica, para la Universidad Federal de Santa Catarina.

En relación a las actividades de I&D de la empresa, *Eletra* tiene tres patentes depositadas en el *Instituto Nacional da Propriedade Industrial* (INPI), de las cuales dos están relacionadas con Sistemas de operación de un Vehículo Híbrido y una con Sistemas de perfeccionamiento para buses eléctricos⁷⁵. De hecho, *Eletra* es de las pocas empresas de origen brasileño que tiene patentes depositadas en temas relacionados con movilidad eléctrica en el INPI.

Según los entrevistados de la empresa *Eletra* (Entrevistas 2 y 6), a pesar de desarrollar tecnologías nacionales de tracción eléctrica y de menor impacto ambiental, no ha recibido ningún incentivo ni financiación por parte de entidad gubernamental nacionales o de gobiernos locales. Para los entrevistados, *“el gobierno debería apoyar la industria nacional y tener una visión estratégica de país para fomentar el uso de buses no contaminantes que aprovechen las ventajas de tener una matriz energética limpia”*.

4.5.2 BYD (*Build Your Dreams*)

Para esta investigación la empresa de origen chino BYD (*Build Your Dreams*) es considerada como una empresa de nicho. Fue fundada en 1995 en el sector de tecnología y energía. En sus comienzos, se dedicaba a la fabricación de baterías de níquel cadmio y baterías de litio para celulares. A partir de 2003 comenzó a utilizar sus capacidades en baterías y en tecnologías de la información y la comunicación para insertarse en la fabricación de vehículos eléctricos y baterías de hierro-fosfato de litio (TEIXEIRA, 2015).

Actualmente es considerada la mayor fabricante de baterías de hierro-fosfato de litio, de hecho según los datos identificados en la Plataforma *Questel-Orbit*⁷⁶, cuenta con un poco más de 15.000 patentes, la mayoría de ellas en fabricación de células secundarias y acumuladores de litio y sistemas para almacenamiento de energía eléctrica. Según el entrevistado 9 (BYD), *“las baterías de hierro fosfato de litio, tienen una buena capacidad de almacenar energía eléctrica, permiten recargas rápidas, son menos susceptibles a explosiones espontáneas y son totalmente reciclables”*.

⁷⁵ La búsqueda de estas patentes fue realizada por la autora en el marco del proyecto con la CPFL Energía, utilizando el sistema de consulta de la base de datos del INPI. Se realizó la búsqueda en Marzo de 2017 utilizando la siguiente ecuación de búsqueda: *“Veículo Eléctrico OR Ônibus Eléctrico OR Veículo Híbrido OR Ônibus Híbrido OR Bicicleta Elétrica OR Baterias de Litio”*.

⁷⁶ La búsqueda de las patentes de BYD fue realizada en el mes de Septiembre de 2018, utilizando el nombre de la empresa BYD en el campo correspondiente a *“Assignee”*, que identifica el número de familias de patentes registrados por una empresa. El resultado de la búsqueda fue: 15.256 familias de patentes entre 1998 y 2018.

BYD también trabaja en la fabricación de paneles solares fotovoltaicos, los cuales ha integrado a sistemas de recarga para vehículos eléctricos. Aunque BYD también fabrica vehículos híbridos, vehículos leves a batería, camiones eléctricos, específicamente para recolección de basuras y montacargas eléctricos (*empilhadeira elétrica*), su principal foco son los buses eléctricos a batería y es considerada líder a nivel mundial en este segmento.

En China ha participado de diferentes proyectos de demostración. Se destaca el realizado en la ciudad de Shenzhen que apoyaba la incorporación de buses eléctricos en el transporte público a través de compras gubernamentales. Gracias a este proyecto, Shenzhen es la ciudad del mundo que tiene más buses eléctricos en su flota colectiva.

Además, esta empresa tiene como estrategia la ingeniería de reversa y la contratación de capital humano especializado. En el 2003 fue creado el laboratorio de P&D *Auto Engineering Research Department*, que cuenta con 5.000 especialistas, principalmente ingenieros con maestría y doctorado que tienen todas las capacidades para la fabricación completa de vehículos eléctricos a batería (TEIXEIRA, 2015).

Esta empresa tiene una fuerte estrategia de inserción en América Latina, lo que se demuestra con la inversión realizada en el año 2014 en una fábrica de buses eléctricos y paneles solares fotovoltaicos en la ciudad de Campinas. La empresa inauguró su planta de producción en abril de 2017 y de acuerdo con el entrevistado 9 y el trabajo de campo 3 (BYD), la empresa tiene en capacidad de fabricar 720 buses eléctricos por año con tres turnos de operación. Esta empresa también tiene previsto para 2019 la inauguración de una planta de ensamblaje de baterías de fosfato de hierro litio en *Manaus* (Amazonas), con el fin de aprovechar los beneficios tributarios de la zona franca de esta ciudad.

En relación a su operación en Campinas, de acuerdo con las entrevistas 1 y 9, la decisión de hacer una fábrica de buses eléctricos en Brasil, fue motivada porque Brasil es el tercer mercado de buses de todo el mundo después de China e India y consideraron que Brasil también sería una plataforma de exportación para otros países latinoamericanos que tienen una flota importante de buses.

La empresa decidió localizar sus actividades en el municipio de Campinas, por su ubicación estratégica y porque aquí se encuentran varias universidades y centros de investigación. De hecho actualmente se están desarrollando diferentes proyectos de investigación con el SENAI (*Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial*) para la

capacitación de personal en el mantenimiento de vehículos eléctricos y proyectos con la Facultad de Ingeniería Eléctrica de Unicamp y con el centro de investigación CPqD.

Además, como ya fue descrito en la sección anterior, en Campinas hay varios proyectos de movilidad eléctrica, que sirven de ejemplo a nivel nacional de la importancia de inserirse en la movilidad eléctrica y de los cuales BYD hace parte. De hecho, BYD fue fundamental para viabilizar la adquisición de los buses eléctricos a batería que funcionan en las empresas Itajaí y Pádova de Campinas.

El bus eléctrico que fabrica BYD es un articulado de 18 metros y tiene una batería de fosfato de hierro-litio, que es importada desde China, y con una carrocería de aluminio que reduce el peso total del vehículo. La vida útil de la batería es de 20 años, ya que después de que se acabe la vida útil del bus que es de 15 años, se puede utilizar como batería estacionaria o sistemas de iluminación eléctrica. La recuperación de la energía de la batería es realizada a través de freno regenerativo. La autonomía del bus eléctrico es de 250 km con una recarga de 3 a 4 horas. Este bus está homologado por el DENATRAN (*Departamento Nacional de Trânsito*).

Para la fabricación de los buses eléctricos, BYD importa el sistema de tracción eléctrica y las baterías. Para los otros componentes del bus, la empresa trabaja con proveedores nacionales de caja de dirección y carrocería. Algunas de las empresas que trabajan con BYD son: Italsa, Marcopolo, Volare e Caio.

Actualmente, BYD tiene un porcentaje de producción de contenido local del 30%, por lo cual no puede acceder a recursos de financiación especial de FINAME-BNDES, que establece que el porcentaje de contenido local es del 50%. Esto sucede porque el principal componente del bus eléctrico es la batería, y esta es importada de la China.

Con el fin de viabilizar la venta de sus buses eléctricos, BYD trabaja con el Banco de Fomento Chino y también cuenta con el apoyo del gobierno de la China, para financiar la compra o *leasing* de buses eléctricos para los operadores de flota. Esta línea de financiamiento es por 10 años, tiempo en el cual se logra cubrir la diferencia entre el valor del bus eléctrico y bus a diesel, gracias a la reducción en el valor del combustible y en los costos de mantenimiento (DIÁRIO DO TRANSPORTE, 2016b).

De hecho, una de las principales estrategias para viabilizar la compra de buses eléctricos y disminuir su costo inicial de adquisición es el modelo de *Leasing de Baterías*, el cual ha sido implementado por BYD. Este modelo considera que la batería del bus no es de

propiedad del operador, esta solo de alquiler y queda sobre la responsabilidad de la empresa fabricante del bus o del proveedor correspondiente. En la práctica, consiste en que el valor de la batería no se incorpora en el valor de la adquisición del bus eléctrico, y este valor pasa ser parte de los costos operacionales, pagando un valor mensual de alquiler por el uso de la misma. “*Esta alternativa podría disminuir en hasta un 60% del valor inicial de un VE, con lo cual seria posible equiparar los costos de un bus eléctrico a baterías con los costos de un bus a diesel*” (GREENPEACE, 2016).

En relación a sus expectativas de fabricación en Brasil, BYD ha realizado diversos proyectos de demostración de sus buses eléctricos a batería en diferentes ciudades de Brasil como São Paulo, Campinas, Curitiba, Belo Horizonte, Santos, Porto Alegre, Brasília, Rio de Janeiro, Sorocaba, entre otras. Algunos de estos proyectos de demostración han resultado en compras efectivas realizadas por los gobiernos locales, siendo la más representativa la ciudad de Campinas. Gobiernos locales y empresas de transporte público de las ciudades de Bauru (RJ), Santos (SP), Volta Redonda (RJ), Brasília DF, Uberlândia (MG), han realizado compras de los buses eléctricos de batería de BYD (Ver Tabla 4.1), los cuales se encuentran en operación.

De acuerdo con los entrevistados de la empresa BYD, hay gran expectativa por la apertura de licitaciones en ciudades como São Paulo, Campinas y Belo Horizonte, que contemplan metas de reducción de emisión de contaminantes por parte de la nueva flota de buses, lo cual es una oportunidad para la inserción de buses de baja emisión, que incluyen a los buses eléctricos a batería. Además, la *Prefeitura de Niterói* (RJ) anunció la compra de 40 buses eléctricos a batería de BYD, los cuales van a funcionar en un BRT totalmente eléctrico, denominado BHLS del consorcio *Transoceânica*. La compra de estos buses va a ser financiada con *royalties* derivados de la exploración del petróleo y va a ser subsidiada por la Prefeitura para evitar aumentos en la tarifa del usuario (DIÁRIO DO TRANSPORTE, 2018c).

De hecho, si se llega a tener una demanda de 4.000 productos de la empresa por año (buses, vehículos leves, montacargas y camiones de basura), se viabilizaría la inversión en Brasil de una fábrica de células de baterías, donde se realice todo el proceso de fabricación de la batería a nivel local, lo aumentaría el porcentaje de contenido local por parte de la empresa, y le daría oportunidades de financiamiento por parte de entidades como el BNDES y el FINAME.

4.5.3 VOLVO

Para esta investigación la empresa VOLVO es considerada como una empresa que hace parte tanto del régimen socio-técnico dominante como de nicho. Volvo es una empresa de origen sueco, fundada en 1927. Se dedica a la fabricación de motores, equipos de construcción, camiones y buses a diésel e híbridos a diésel.

En Brasil inició sus operaciones en el año 1980 con la inauguración de su fábrica en Curitiba (PA) en la cual se fabrican motores, camiones y chasis para buses, la carrocería es hecha por otras empresas como Marcopolo y Caio. Además de la fábrica en Curitiba, tiene una unidad en *Pederneiras (SP)*, donde produce equipos de construcción y en *São José dos Pinhais (PR)*, donde tiene un centro de distribución de piezas. Desde esta fábrica se producen unidades tanto para Brasil como para otros países de América Latina.

La principal actuación de Volvo en el mercado de los buses de baja emisión es en buses híbridos y ha tenido una participación importante en la ciudad de Curitiba, tal como fue detallado en la sección 4.4.6.

De acuerdo con el entrevistado 3 (Volvo), el bus híbrido de Volvo permite una economía de combustible (diésel) de hasta 35% y consigue reducir las emisiones de GEI entre un 80%-90% en comparación con los buses Euro III. La batería es cargada por freno regenerativo, no se realiza una recarga externa. El motor eléctrico solo funciona cuando arranca y alcanza los 20 km por hora. Después de esta velocidad el motor a diésel comienza a funcionar de nuevo. Por esta razón, la batería del bus híbrido de Volvo no permite autonomía. Este tipo de buses híbridos no conseguirían funcionar en corredores de alta velocidad, porque por encima de 20 km por hora solo conseguiría operar con el motor a diésel, por esta razón su uso es recomendado en corredores lentos donde la velocidad es baja.

La fabricación de estos buses híbridos reciben apoyo del FINAME, ya que tiene más del 60% de contenido nacional. La mayoría de sus componentes como motor, carrocería, caja de cambios, son hechos en Brasil, solo la batería y otros componentes específicos son importados (Entrevista 3 Volvo).

En el año 2012 Volvo presentó su modelo de bus híbrido en la Conferencia de las Naciones Unidas (Rio +20) realizada en Rio de Janeiro. Este primer modelo consiguió vender 30 buses híbridos en la ciudad de Curitiba, los cuales aun continúan en operación. Además de este modelo, Volvo en el marco del proyecto “*Smart City Concepts in Curitiba*” desarrolló dos modelos de buses híbridos: bus híbrido articulado (*HibriPlus*) y bus híbrido plug-in (*HibriPlug*).

Además de su operación en Brasil, en el año 2013, Volvo consiguió vender aproximadamente 400 buses híbridos para el sistema de transporte masivo Transmilenio S.A que funciona como un BRT de gran capacidad en la ciudad de Bogotá, Colombia. De acuerdo con el entrevistado 3, “*para Volvo esta fue la segunda mayor venta de buses híbridos en el mundo, después de Londres y se realizó para que Bogotá cumpliera con sus compromisos del programa C40*”. Además, de buses los buses híbridos, Volvo tiene un porcentaje importante de la flota de buses a diésel que funcionan en Transmilenio, “*Volvo es el fabricante de 6 de cada 10 buses articulados en la ciudad de Bogotá*” (EL ESPECTADOR, 2018a).

Según el entrevistado 3, en Brasil aun no existe un mercado para sus buses eléctricos a batería ni para sus buses híbridos *plug-in*. Para la empresa, “*las ventas de buses híbridos en Brasil no cumplieron las expectativas y no hubo una respuesta de incentivo concreta por parte de los gobiernos locales ni de los operadores. Por esta razón, en el caso de Brasil, la estrategia es continuar con buses híbridos-serie a diésel*”.

4.5.4 WEG

En relación a las empresas de componentes para buses de baja emisión se destaca la empresa brasileña WEG que desarrolla y comercializa motores eléctricos y *Power Train* para vehículos levísimos y pesados, incluyendo el segmento de buses eléctricos e híbridos. Tal como se evidenció en la sección anterior, la mayoría de los proyectos de demostración realizados en Brasil, han utilizado los motores eléctricos de la empresa WEG. Esta empresa actúa como una empresa tanto de nicho como de régimen, ya que dentro de sus productos, también comercializa motores para diferentes industrias y sectores como el mercado naval, agroindustria, construcción civil, minería, *smart-grid*, entre otros.

De acuerdo con el entrevistado 24, funcionario de la empresa WEG, el *core* de la empresa son los motores de imanes permanentes, la ingeniería de motor y la ingeniería de inversores, que son tecnologías fundamentales para la movilidad eléctrica. La empresa tiene todas las capacidades y la tecnología para la fabricación de estos componentes y para instalarlos en el *Power Train*, la única dificultad que se manifiesta es el acceso a la materia prima de imanes, cuyos principales proveedores son empresas chinas.

WEG fabrica los motores eléctricos de acuerdo a las necesidades y especificaciones de cada cliente y cuenta con una infraestructura en sus instalaciones para ampliar la producción de estos componentes a gran escala. Si la demanda aumenta, la empresa podría hacer una línea de producción exclusiva de motores eléctricos, principalmente para el segmento de pesados. Para el entrevistado, las oportunidades para la movilidad eléctrica son mayores para el segmentos de pesados, incluso mayor que para vehículos leves, ya que hay una demanda mundial e incluso nacional por buses urbanos que consigan alcanzar metas de reducción de emisiones de contaminantes. (Entrevista 24 WEG).

En relación a las alianzas estratégicas con otras empresas nacionales para la fabricación de buses eléctricos y camiones eléctricos, el entrevistado manifiesta que han sido muy productivas: *“La alianza con la empresa Eletra, ha sido muy buena, el trabajo con ellos ha dado buenos frutos, principalmente relacionados con la fabricación de buses urbanos (trolebús) en São Paulo [...] También hay una alianza con MAN-Volkswagen para la fabricación de camiones eléctricos”*. Estas alianzas son importantes para conseguir un mayor porcentaje de contenido local, que es necesario para tener financiamiento por parte de entidades financieras del gobierno como el BNDES.

La empresa también ha trabajado con pequeñas empresas nacionales de emprendedores que fabrican vehículos eléctricos levísimos como bicicletas, *scooters*, cuadriciclos eléctricos de baja velocidad. Para el entrevistado: *“los levísimos también son una gran oportunidad para Brasil, solo es necesario una batería competitiva o montar una fábrica nacional para tener escala de producción”*.

En este sentido, en relación a los componentes de los motores eléctricos y el *Power Train* para vehículos eléctricos e híbridos, la empresa WEG tendría todas las capacidades para su producción, pero se hace necesario aumentar los estímulos para el financiamiento de estos vehículos y para realizar I&D en materias primas para la fabricación de componentes, como imanes para motores eléctricos y baterías litio-ion.

4.5.5 Baterías Moura

La empresa Baterías Moura es una empresa brasileira de baterías, fundada en 1957 en Belo Jardim (Pernambuco). Esta empresa es considerada una empresa de régimen, ya que tradicionalmente se ha dedicado a la fabricación de baterías de plomo-ácido para los segmentos de vehículos leves, vehículos pesados, motos, baterías estacionarias, traccionarias y embarcaciones pequeñas. Estas baterías son recicladas completamente a través de un programa organizado de logística de reversa donde se recuperan los principales componentes de la batería, especialmente el plomo, el cual es reutilizado en la fabricación de otras baterías (BATERIAS MOURA, 2018).

A pesar de ser una empresa de régimen, la empresa Baterías Moura tiene algunas iniciativas en relación al estímulo de buses de baja emisión y la inserción en el negocio de baterías de litio para la movilidad eléctrica. De acuerdo con el entrevistado 25 (Baterías Moura): *“el Grupo Moura ha participado desde el 2010 algunos proyectos en alianza con la empresa Eletra para el desarrollo de buses híbridos, utilizando baterías de plomo-ácido, los cuales han tenido un buen desempeño en la operación”*.

En relación a la movilidad eléctrica el Grupo Moura creó una nueva línea de negocios enfocada en el desarrollo de baterías de litio para los segmentos de buses, camiones y carros híbridos y eléctricos. Batería Moura realizó una alianza estratégica con la empresa AVL, para hacer procesos de transferencia tecnológica en relación a las baterías de litio y BMS (*Battery Management Systems*). Además, en el *Instituto de Tecnologia Edson Mororó Moura* ITEM, hay un laboratorio dedicado exclusivamente al desarrollo de sistemas electrónicos para baterías de litio y electrificación vehicular.

En el mediano plazo, si la demanda de mercado aumenta, la empresa contempla hacer inversiones en su fábrica para desarrollar sus propias baterías de litio para aplicaciones en el segmento de pesados y leves. De acuerdo con el entrevistado, la inserción de buses eléctricos en el mercado brasileiro puede ser más rápida que el segmento de vehículos leves eléctricos. De hecho, la empresa ya ha recibido demandas específicas para participar de la fabricación de buses eléctricos con otros fabricantes de componentes nacionales.

De acuerdo con el entrevistado 25, una de las grandes motivaciones para crear esta nueva línea de negocios de baterías de litio, no solo fue la demanda potencial de la industria automovilística, sino también la demanda de estas nuevas baterías por parte de otras aplicaciones y segmentos industriales como montacargas (*empilhadeiras*) eléctricas,

telecomunicaciones y almacenamiento de energía. *“Estas demandas hicieron que la empresa se viera en la obligación de participar en el desarrollo de estas nuevas tecnologías de baterías para no quedar por fuera del mercado”*

En este sentido, la empresa Baterías Moura ha logrado entender la importancia de inserirse en la movilidad eléctrica, para lo cual está haciendo esfuerzos importantes en proyectos de I&D y de transferencia tecnológica en baterías de litio. Este esfuerzo es clave, ya que uno de los principales cuellos de botella que impiden la fabricación local de buses de baja emisión, es precisamente las baterías de litio.

4.5.6 Empresas de carrocerías

Tal y como se presentó en el capítulo del régimen socio-técnico, Brasil cuenta con un parque industrial consolidado en relación a la fabricación de carrocerías y chasis para el segmento de pesados, que incluye buses urbanos. Como se evidenció en los proyectos de demostración de buses de baja emisión, empresas de régimen como Marcopolo, Caio, Volare, Italsa, Busscar, Mascarello, entre otras, han desarrollado carrocerías adaptadas a las necesidades y al diseño de los buses de baja emisión.

A través de las entrevistas, se identificó que estas empresas de carrocerías estarían en toda la capacidad de fabricar carrocerías para buses de baja emisión, pues los cambios en el diseño que se realizan en comparación a los buses a diésel, son mínimos. Sin embargo, es importante que se realicen proyectos de I&D enfocados en la utilización de materiales más livianos, con el fin de disminuir el peso total del vehículo y soportar el peso adicional relacionado con las baterías.

4.5.7 Empresas de energía eléctrica

Uno de los actores clave para el impulso a la movilidad eléctrica que incluye el nicho de buses de baja emisión, son las empresas distribuidoras de energía eléctrica. Tal como se evidenció en los proyectos de demostración, gran parte de estos fueron financiados con recursos de I&D de la ANEEL y apoyados por empresas de energía como la CPFL, Furnas Eletrobras, Eletropaulo (Hoy *Enel-Brasil*) e Itaipu.

Estas empresas, además de cumplir con los requisitos de inversión de I&D de la ANEEL (*Lei No. 9.991/2000*) para el estímulo de iniciativas de eficiencia energética, disminución del impacto ambiental y disminución de la dependencia tecnológica del país, también ven la participación de estos proyectos como una oportunidad de negocios para la venta y comercialización de energía eléctrica.

Estos proyectos de demostración también son importantes para analizar el impacto de los VE en las redes de distribución de energía y analizar posibles inversiones futuras en infraestructura, tanto a través de instalación de puestos de recarga públicos y privados, como en relación a las necesidades de refuerzo de potencia en sub-estaciones de energía, especialmente en los garajes de las empresas de buses urbanos.

4.5.8 ABVE *Associação Brasileira do Veículo Elétrico*

En relación a las agremiaciones que promueven el nicho de los buses de baja emisión, es importante resaltar el papel de la ABVE (*Associação Brasileira do Veículo Elétrico*) como una “*asociación civil de derecho privado, sin fines económicos, que prioriza la actuación junto a las autoridades y entidades empresariales relacionadas al sector automotivo, buscando la toma de decisiones que incentiven el desarrollo y utilización de vehículos eléctricos*” (ABVE, 2018).

Esta asociación agrupa diferentes empresas que tienen como objetivo promover la difusión y utilización de vehículos eléctricos, en todos los segmentos. En el siguiente cuadro se presenta la relación de las empresas asociadas a la ABVE en los segmentos de pesados, componentes, infraestructura, vehículos leves y levísimos.

Cuadro 4.3 Empresas asociadas a la ABVE

Segmento	Empresas Asociadas
VEHÍCULOS PESADOS	ELETRA; BYD; Volvo; MAN-Caminhões Ônibus VW; Mercedes Benz
COMPONENTES	WEG; Baterías Moura; GlobalBat; Netec
INFRAESTRUCTURA	ABB; Bosch; <i>Electric Mobility</i> Brasil; Copel; ENEL Brasil; Tele Performance; UFSC (<i>Universidade Federal de Santa Catarina</i>); CETET/RJ; <i>Escola Politécnica da UFRJ</i> ; UERJ (<i>Universidade do Estado do Rio de Janeiro</i>); INEE (Instituto Nacional de Eficiencia Energética); MES Eventos para o futuro; <i>Eletrobras</i> ; CPFL Energia; EDF
VEHÍCULOS LEVES	Nissan; Porsche; Toyota; PSA Peugeot Citroën; Renault; Honda; <i>Hitech Electric</i>
VEHÍCULOS LEVÍSIMOS	Eletricz; Yamaha; Vela Bike; Riba Brasil; Woie; Lev; Tramontina; Wind; Dropboards; Compact Car; Cooltra

Fuente: (ABVE (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO), 2018a).

En el segmento de pesados y componentes, las empresas asociadas, específicamente Eletra, BYD, Volvo, WEG y Baterías Moura, y algunas empresas de infraestructura como Copel, CPFL Energia, Eletrobras, Enel Brasil (antes Eletropaulo) y de investigación como la UFSC, han participado en proyectos piloto y de demostración, en espacios protegidos y controlados para testar el desempeño de diferentes tecnologías de buses de baja emisión y promover la creación de capacidades locales para la fabricación de buses de baja emisión.

De acuerdo con el entrevistado 22, Sub-Director del segmento de pesados de la ABVE, la asociación trabaja de manera coordinada con todos los actores del segmento de pesados y su objetivo es promover la incorporación de diferentes tecnologías de baja emisión, como buses eléctricos a batería y buses híbridos en las flotas de buses urbanos de las principales ciudades.

La ABVE ha realizado acciones que denotan una mayor participación en el ámbito de las decisiones políticas, tales como la actuación junto a la Cámara Municipal de São Paulo para la renovación de la flota de buses, y en la esfera federal, en los debates acerca de la nueva política para el sector automotivo *Programa Rota 2030* (CONSONI et al., 2018). Además, la ABVE también hace parte del “*Frente Parlamentar Mista em Defesa da Eletromobilidade Brasileira*”, el cual tiene como objetivo proponer medidas para desarrollar

el mercado de vehículos eléctricos en Brasil. Este Frente cuenta con el apoyo de 185 diputados federales y 10 senadores (ABVE, 2018b).

En el caso específico de la Licitación del Sistema de Transporte Público Colectivo, la ABVE ha participado activamente en las diferentes Audiencias Públicas y ha apoyado la actuación de algunos *vereadores* del municipio y de la *Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes* de São Paulo, para garantizar la inserción de una flota de buses de baja emisión para São Paulo. El caso de São Paulo, se analizará en detalle en el próximo capítulo.

4.5.9 Operadores de flota

Como se evidenció en el capítulo del Régimen Socio-Técnico, los operadores de flota son actores fundamentales para el estímulo de innovaciones de nicho asociados a los buses de baja emisión, porque en definitiva son los que toman la decisión de adquirir este tipo de tecnología. Gran parte de los operadores de flota hacen parte de empresas tradicionales de transporte público, con muchos años en el negocio de buses urbanos, por lo cual tienen muchas dudas e incertidumbres en relación al uso de tecnologías desconocidas como lo son los buses de baja emisión.

Sin embargo, a través de los proyectos piloto y de demostración se han identificado diferentes operadores de flota que han liderado iniciativas de movilidad eléctrica en el transporte público y están interesados en testar estas tecnologías e implementarlas en gran escala en sus flotas en el mediano plazo. Los operadores más representativos son: Empresa Metra que opera trolebús en São Paulo y algunos buses híbridos y eléctricos de la empresa Eletra en el Corredor ABD, además esta empresa participó del proyecto de los buses brasileños a hidrógeno; Empresa Ambiental Transportes Urbanos de São Paulo que opera 201 trolebús en São Paulo y tiene algunos buses eléctricos a batería de BYD en demostración; las empresas *Itajaí Transportes Coletivos* y *Pádova Transportes Coletivos*, que están operando buses eléctricos de BYD en Campinas; la empresa del Grupo Piracicabana, que opera dos buses eléctricos a batería en Brasília; y la empresa *Viação San Miguel* que va a operar ocho buses eléctricos a batería en Uberlândia.

De acuerdo con el entrevistado 13, de la empresa Piracicabana en Brasilia, *“la compra de los buses eléctricos a batería de BYD, fue una iniciativa de la empresa para inserirse en el contexto de la movilidad eléctrica en su campo de acción que es el transporte público. El objetivo es evaluar la tecnología, hacer un análisis de los costos de la energía y del mantenimiento y aprender de la operación en condiciones de tráfico urbano, tanto en líneas cortas como de larga distancia”*. La empresa también va a montar planes de acción y acompañamiento desde el inicio de la operación, para medir la satisfacción del usuario y de los conductores de los buses eléctricos.

Los aspectos manifestados por el operador de la empresa Piracicabana, son comunes a los operadores de flota que ya incorporaron sus buses de baja emisión en su operación urbana: testar la tecnología, conocer sus costos operacionales, incluido el costo de la energía y anticiparse a los requerimientos de licitaciones de los gobiernos locales que van a exigir metas de reducción de emisiones en las flotas de transporte público.

Entre las dificultades manifestadas por los operadores, es la ausencia de mecanismos de financiamiento específico por parte de entidades del gobierno como el BNDES y el FINAME, que estimulen la compra de estas tecnologías. De hecho, la mayoría de los proyectos piloto de implementación de buses de baja emisión han sido viabilizados por el financiamiento y modelos de *leasing* de batería por parte de las empresas fabricantes de este tipo de tecnología.

Las empresas gestoras de los sistemas de transporte en las ciudades, también son importantes para estimular los proyectos de implementación de los buses de baja emisión en la operación y definir las condiciones y requisitos de las licitaciones para el transporte público colectivo. Se destacan las empresas EMTU para el Estado de São Paulo, EMDEC en Campinas, SPTrans en São Paulo y URBS en Curitiba.

4.6 Consideraciones sobre las Innovaciones de Nicho

Una vez analizadas las características de las innovaciones de nicho asociadas a los buses de baja emisión en Brasil, es posible identificar que este tipo de tecnología de buses, son un mercado de nicho no solo en Brasil, sino en todo el mundo. El porcentaje de buses de baja emisión, especialmente el de los buses eléctricos a baterías, es realmente pequeño en comparación a los buses urbanos movidos a diésel. Esto se evidencia en las estadísticas internacionales y de hecho, con excepción de China que posee la mayor flota de buses

eléctricos en el mundo, países de Europa y Estados Unidos han comenzado con la inserción de estas tecnologías a través de proyectos de demostración y de baja escala. Estos proyectos involucran la participación de actores heterogéneos como empresas de buses, gobiernos locales, operadores de flota, universidades, centros de I&D, empresas de energía, entre otros.

Especialmente en el caso de China, la implementación de estos proyectos ha tenido un apoyo decidido y la financiación directa por parte del gobierno nacional, lo que ha permitido su implementación a gran escala y también ha sido importante para apoyar la industria nacional de buses de baja emisión. En el caso de Europa, se destaca el proyecto ZeEUS, como un proyecto de demostración de escala regional, pero que tiene acciones específicas a nivel de las ciudades, como un locus de innovación para testar estas tecnologías en sus sistemas de transporte público y a futuro implementarlas a mayor escala. Además, iniciativas como el *Fossil-Fuel-Free Street Declaration*, también han destacado el papel de las ciudades para liderar la adquisición de buses con cero emisiones a partir del año 2025.

En el caso de América Latina, se destacan los países de Costa Rica y Chile, los cuales han definido políticas y estrategias nacionales de estímulo a la movilidad eléctrica, donde el transporte público es una de las principales puertas de entrada para estas tecnologías. El caso de Chile es representativo a nivel latinoamericano con la incorporación de 200 buses eléctricos a batería que operarán en el BRT Transantiago y cuya financiación fue liderada por las empresas de energía eléctrica ENEL y ENGIE ENERGÍA CHILE S.A. En Colombia, ciudades como Medellín y Cali han realizado compras de buses eléctricos para incorporarlos en sus sistemas de transporte masivo BRT, aunque aun no hay una política de carácter nacional para el estímulo de la movilidad eléctrica.

Para el caso de Brasil, la inserción de los buses de baja emisión también ha estado asociada a proyectos piloto y de demostración. Estos proyectos de demostración funcionan como experimentos o “locus de aprendizaje”, para los diferentes actores que participan como gobiernos locales, empresas de energía, universidades, centros de investigación, empresas de buses y de componentes, operadores de flota, entre otros y financiados por entidades del gobierno nacional como FINEP y el MCTIC. Al igual que en el caso Europeo, la mayoría de estos proyectos son realizados en el ámbito local, y permiten que se prueben las diferentes alternativas de buses de baja emisión en ambientes controlados para identificar los beneficios de estas tecnologías, las ganancias ambientales asociadas a la reducción de emisiones, la eficiencia energética, los costos de operación y de mantenimiento, en comparación a los buses movidos a diésel y los principales aspectos a mejorar. Estos proyectos de demostración

pueden considerarse como “ventanas de oportunidad” para modificar las características del régimen socio-técnico dominante de la movilidad urbana.

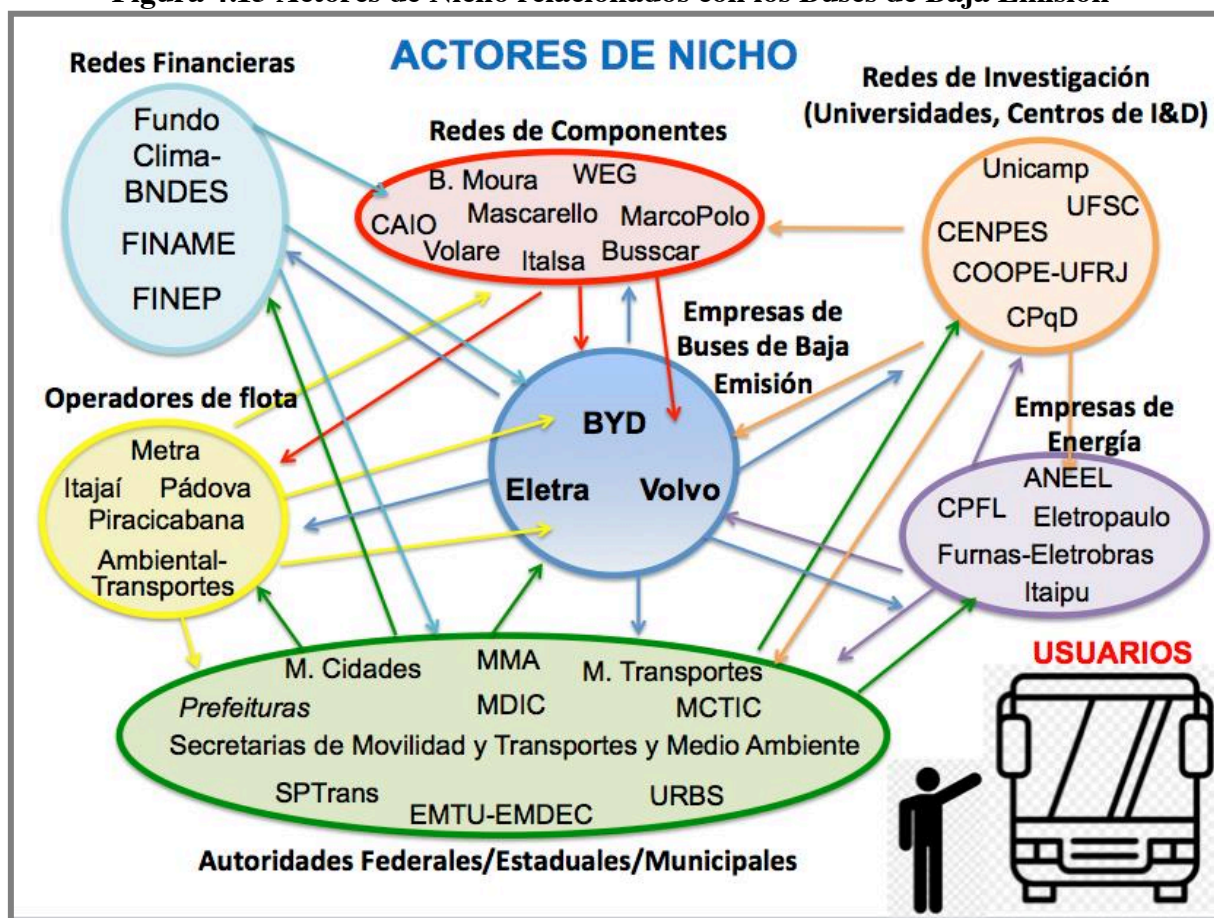
De destaca dentro de los proyectos piloto, el liderazgo de las empresas de buses de baja emisión como Volvo, Eletra y BYD y el apoyo de las empresas gestoras de transporte como URBS, SPTrans, EMTU-EMDEC, con el objetivo de posicionar a las ciudades de Curitiba, São Paulo (en el caso de los trolebús) y Campinas, como líderes en movilidad de bajo carbono.

Los proyectos de demostración también han sido importantes en la medida que permitieron la participación de empresas de componentes locales, como carrocerías, motores eléctricos y baterías, e incluso se propusieron nuevas configuraciones como los buses híbridos eléctricos a etanol, con el fin de aprovechar las capacidades creadas en Brasil en torno al uso de biocombustibles como combustibles alternativos para los vehículos.

En relación a los proyectos de I&D liderados por universidades y centros de investigación, también se identificaron posibilidades de complementariedades con otras fuentes de energías renovables, como la energía solar-fotovoltaica para el abastecimiento de energía para este tipo de buses. Desafortunadamente, proyectos como los buses a hidrógeno desarrollados para el Estado de São Paulo, no consiguieron seguir adelante por falta de recursos, lo que impidió implementar estas tecnologías a gran escala.

En estos proyectos, también se evidenció la importancia de las empresas de energía eléctrica, no solo como una obligación por parte de la reglamentación de la ANEEL, sino como nuevas oportunidades de negocios en relación a la movilidad eléctrica. En la siguiente figura se presenta la interrelación entre los diferentes actores de nicho identificados.

Figura 4.13 Actores de Nicho relacionados con los Buses de Baja Emisión



Fuente: Elaboración propia a partir de GEELS, (2002).

Estos proyectos piloto y de demostración han cumplido su objetivo principal de conocer las tecnologías y evaluar su operación. Sin embargo, tal como lo plantea el entrevistado 2 (Eletra): *“muchos de estos proyectos son capitalizados como marketing político y de interés por el medio ambiente de las ciudades, pero no hay una preocupación real por tener una flota de buses de baja emisión significativa”*.

En este sentido, y de acuerdo a lo planteado por Smith; Raven, (2012), las innovaciones de nicho de buses de baja emisión en Brasil, podrían considerarse que se encuentran en una etapa de protección (*shielding*) ya que son innovaciones que se encuentran protegidas de las presiones del entorno de selección, específicamente las asociadas al régimen socio-técnico dominante. Estos nichos han sido desarrollados principalmente como parte de proyectos de I&D entre diferentes actores, mas no han conseguido pasar de proyectos de demostración a proyectos de implementación a gran escala.

Las exigencias de metas de emisión por parte de la flota, que están siendo contempladas en las licitaciones de los sistemas de transporte público colectivo en Brasil, pueden ser un camino para impulsar que las innovaciones de nicho pasen a una etapa posterior de desarrollo ya sea a través de la nutrición (*nurturing*) o del empoderamiento (*empowerment*). El siguiente capítulo analizará en detalle el caso específico de la Licitación del Transporte Público Colectivo en el Municipio de São Paulo y cómo a partir de unas políticas determinadas de movilidad y medio ambiente es posible alcanzar un mayor grado de madurez de las innovaciones de nicho de los buses de baja emisión.

CAPÍTULO 5 . CASO DE ESTUDIO: LICITACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO DEL MUNICIPIO DE SÃO PAULO

5.1 Introducción

Una vez analizados los aspectos asociados a los tres niveles de análisis de la Perspectiva Multi-Nivel: Panorama Socio-Técnico, Régimen Socio-Técnico e Innovaciones de Nicho, este capítulo presenta el caso de estudio de la Licitación del Sistema de Transporte Público Colectivo del Municipio de São Paulo, que es considerado como una ventana de oportunidad clara para la inserción de buses de baja emisión en el sistema de transporte público, y que conseguiría en el mediano y largo plazo generar procesos de transición hacia una movilidad de bajo carbono, no solo en São Paulo, sino en todo el país debido a la representatividad que tiene São Paulo en Brasil.

En la primera parte del capítulo se presenta una contextualización general de la ciudad de São Paulo, específicamente en relación a la flota de vehículos, problemas de movilidad y a las emisiones de contaminantes locales y su impacto en la salud pública. En esta sección también se presenta la estructura del actual sistema de transporte urbano y su importancia en relación al número de pasajeros transportados en comparación con otros sistemas de transporte tanto público como privado.

Posteriormente, se presentan los antecedentes históricos de la implementación de buses de baja emisión en São Paulo, las políticas de cambio climático, proyectos piloto y de demostración, y el histórico de la Licitación del Sistema de Transporte Público Colectivo del Municipio, la cual está articulada a la *Lei do Clima* del Municipio en relación a la definición de metas máximas de emisión de contaminantes por parte de la flota. Para el cumplimiento de las metas de emisión definidas, necesariamente se deben incorporar buses de cero y baja emisión en el sistema de transporte público.

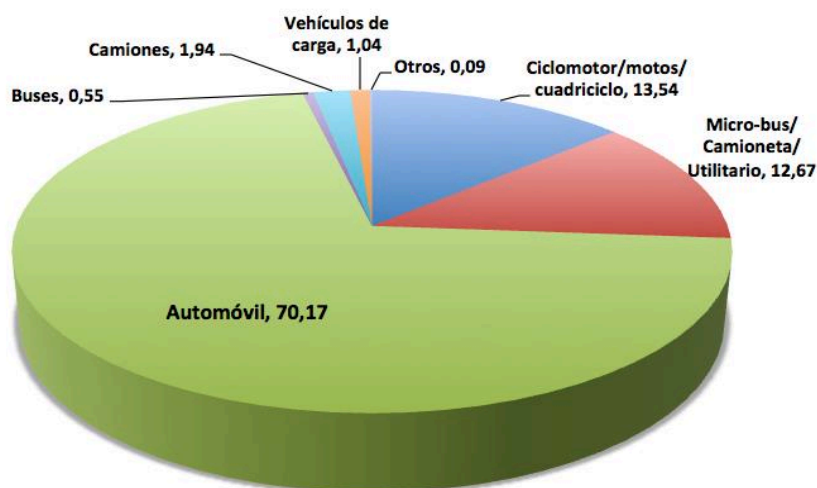
Finalmente, se presentan las conclusiones del caso de estudio y su importancia para liderar procesos de transición hacia una movilidad de bajo carbono en Brasil, a partir del estímulo de una flota limpia en su sistema de transporte.

5.2 Contextualización del Caso de estudio de São Paulo

El caso de la ciudad de São Paulo fue seleccionado debido a la importancia de la ciudad en términos económicos, de población y a las características del sistema de transporte público colectivo de la ciudad. São Paulo tiene una población estimada de 12,1 millones de habitantes (IBGE, 2016) y un PIB de R\$ 650.544 billones, el más alto del país y representa el 11% del PIB nacional (IBGE, 2015). Al ser la ciudad más poblada del país y considerada como una de las grandes mega-ciudades del mundo, presenta graves problemas de contaminación ambiental y de movilidad urbana, particularmente por el uso intensivo del transporte individual frente al transporte colectivo.

De acuerdo con datos del *Departamento Estadual de Trânsito* de São Paulo DETRAN-SP, la flota de vehículos en el Municipio de São Paulo para el mes de Julio de 2018, alcanzó la cifra de 8.760.352 vehículos, con una mayor participación de los automóviles con 6.147.199, que corresponde al 70,1% del total de la flota. En contraste, el número de buses (urbanos, *fretados*) es de 47.826 y corresponden al 0,55% del total de la flota. En el siguiente gráfico se presentan los porcentajes de participación de cada modo de transporte.

Gráfico 5.1 Flota de vehículos en la ciudad de São Paulo, Julio de 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del DETRAN/SP, (2018)

El gran número de automóviles individuales en las calles de la ciudad de São Paulo, genera graves problemas de congestión diario. De acuerdo con la Companhia de Engenharia de Tráfego - CET, (2017), en la ciudad de São Paulo, el 11% del tiempo de viaje de los automóviles es perdido en congestiones, un 8% en la mañana y 14% en el horario de la tarde. Además, según datos de la *Pesquisa de Mobilidade Urbana na Cidade de la Rede Nossa São Paulo*, en el 2017, los paulistanos gastaron en promedio 2 horas y 43 minutos diarios en el tránsito de São Paulo, teniendo en cuenta todos los desplazamientos por la ciudad (REDE NOSSA SÃO PAULO; IBOPE INTELIGÊNCIA; MOBCIDADES, 2018).

El tiempo gastado en el tráfico diario genera pérdidas económicas relacionadas a las horas que se dejan de trabajar, pérdida de productividad y también afecta la calidad de vida, ya que se dejan de realizar actividades de descanso, estudio o bienestar. El estudio de Cintra, (2014), estimó que en el año 2012, las pérdidas relacionadas al congestionamiento en São Paulo, fueron de R\$ 40 billones, de los cuáles R\$ 30 billones son dejados de producir y R\$ 10 billones provienen de las desventajas externas del excesivo número de vehículos en circulación, que se reflejan en el aumento del consumo de combustible, mayor emisión de contaminantes y en el aumento del transporte de cargas. Estos valores corresponden al 1% del PIB brasileño y al 7,5% del PIB paulistano, por lo cual se hace necesario implementar medidas para reducir el tiempo perdido en el tráfico y mejorar las condiciones de la movilidad urbana.

En relación al uso de los medios de transporte, en el año 2017, los buses urbanos, son el medio de transporte más usado en la ciudad, con un porcentaje de 47%, los automóviles con 24%, Metro 12% y Tren 3%⁷⁷. Sin embargo, el uso de los buses urbanos, cayó 4 puntos porcentuales en relación al año 2016, lo que indica una disminución en el número de pasajeros transportados por este sistema (REDE NOSSA SÃO PAULO; IBOPE INTELIGÊNCIA; MOBCIDADES, 2018).

Los usuarios consultados en la *Pesquisa de Mobilidade Urbana na Cidade*, manifestaron que las principales razones para no utilizar los buses urbanos son: i) buses muy llenos (*lotação*); ii) utiliza carro individual; iii) recorrido muy demorado de los buses; iv) los buses demoran mucho en pasar; v) utilizan otro tipo de transporte más rápido; vi) los buses son de mala calidad; vii) los buses no son puntuales; entre otros (REDE NOSSA SÃO

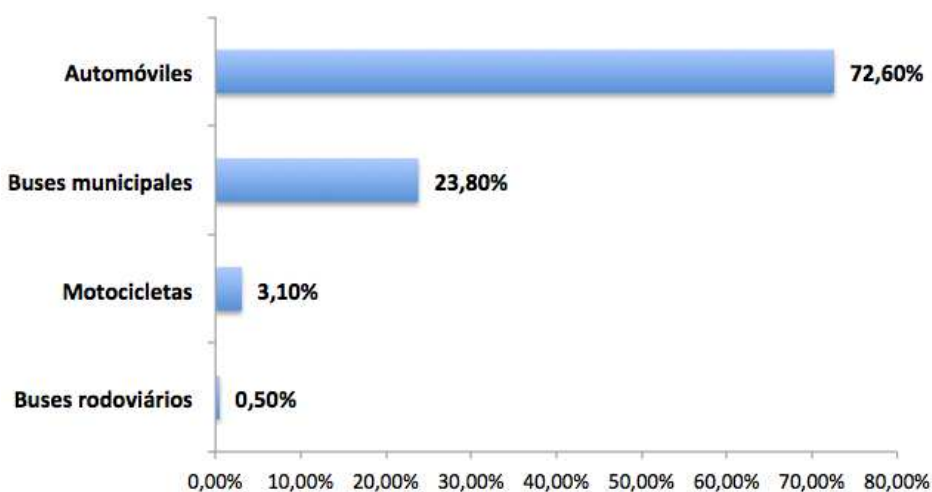
⁷⁷ La participación total de los sistemas de transporte en el 2017 es la siguiente: Buses municipales: 43%; Carro: 24%; Metro: 12%; A pie: 7%; Transporte particular (*Uber, Cabify, 99 POP*): 5%; Tren: 3%; Bicicleta: 2%; Buses fletados/intermunicipales: 1%; Taxi común: 1%; Motocicleta: 1%; Otros: 1% (REDE NOSSA SÃO PAULO; IBOPE INTELIGÊNCIA; MOBCIDADES, 2018).

PAULO; IBOPE INTELIGÊNCIA; MOBCIDADES, 2018). Estas afirmaciones hechas por los usuarios indican que se deben implementar estrategias para mejorar la calidad del servicio de los buses urbanos, y mejorar la velocidad promedio de los mismos, por ejemplo a través de corredores exclusivos, para que los usuarios se vean incentivados a dejar de usar el carro individual o otros servicios como el transporte individual por aplicativo.

En relación a las emisiones de contaminantes locales, tal como se evidenció en el Gráfico 2.5, el Área Metropolitana de São Paulo es el Área Metropolitana más contaminada del país⁷⁸, en relación al promedio anual de $MP_{2,5}$ que alcanzó $19 \mu g/m^3$, muy por encima del padrón de calidad del aire establecido por la OMS (2005), que es de $10 \mu g/m^3$.

Con respecto a las emisiones atmosféricas originadas por el transporte, el *Inventário de Emissões Atmosféricas do Transporte Rodoviário de Passageiros no Município de São Paulo*⁷⁹, elaborado por el *Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA)*, estimó que los automóviles son responsables por el 73% de las emisiones de GEI, los buses urbanos por el 23,8%, motocicletas 3,1% y los buses rodoviários 0,5%, medidos en kilo-toneladas (kt de CO_{2e}) por día. En la siguiente gráfico se presenta esta participación.

Gráfico 5.2 Emisiones totales de GEI por día (kt CO_{2e})



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del IEMA, (2017).

⁷⁸ Los niveles de contaminación de $MP_{2,5}$, solo son superados por las ciudades de *Santa Gertrudes*, *Cubatão* y *Rio Claro*, que tienen un contexto específico de contaminación local.

⁷⁹ El inventario de emisiones atmosféricas de transporte *rodoviário* de São Paulo, estimó por cada km^2 cuánto de cada contaminante es emitido en cada horario del día. Para este inventario se tuvieron en cuenta las condiciones atmosféricas y solo estimó las emisiones de automóviles, buses y motocicletas, no calculó las emisiones de los camiones por falta de disponibilidad de información (Entrevista 17 IEMA).

Al analizar la intensidad de las emisiones de GEI por pasajero-kilómetro expresadas en gCO_{2e}/pkm (gramos de CO₂ equivalente por pasajero kilómetro), la intensidad de estas emisiones es más elevada para el transporte individual en comparación al transporte colectivo, los automóviles continúan con la mayor parcela de emisiones con 65,8%, motocicletas con 35,6% y los buses urbanos⁸⁰ con 17%. Esto se debe a que debido que los buses transportan un mayor número de pasajeros, sus emisiones totales se dividen, por lo cual el impacto es menor.

En relación a los contaminantes locales, que como ya fue explicado, son los que contribuyen en mayor medida en la calidad del aire y tienen mayor impacto en la salud, la siguiente tabla se presenta en detalle la contribución de cada modo de transporte en las emisiones de Material Particulado originado por la combustión (MPcomb)⁸¹, Óxido de Nitrógeno (NOx), Monóxido de Carbono (CO) e Hidrocarburos No metano (NMHC).

Tabla 5.1. Emisiones de contaminantes locales totales por día en São Paulo (2017)

Tipo de Vehículo	MPcomb Total día	NOx Total día	CO Total día	NMHC Total día
Automóvil	12%	19%	71,3%	76,7%
Motocicletas	7,5%	2,4%	21,2%	16,3%
Buses Municipales	80,1%	77,8%	7,4%	7%

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de IEMA, (2017).

De acuerdo a los resultados por tipo de contaminantes, los buses municipales son los responsables por la mayor parcela tanto de MPcomb (80,1%) como de NOx (77,8%), principalmente por la combustión de los motores de ciclo diésel, que utilizan los buses urbanos. En contraste, los automóviles son responsables por la mayor parcela de CO (71,3%) y NMHC (76,7%), principalmente porque los vehículos movidos a diésel presentan bajas emisiones de NMHC y CO en comparación con los vehículos a gasolina o alcohol.

⁸⁰ Este porcentaje corresponde únicamente a los buses urbanos, no se tiene en cuenta la participación de los buses rodoviários.

⁸¹ Para este inventario fueron estimadas tanto las emisiones de MP oriundas directamente de la combustión (MPcomb), cuanto del desgaste de las llantas, frenos y pista (MPdesg), el cual es más difícil de medir. Este conjunto de emisiones fue denominado como Material Particulado Total (MPtotal) (IEMA, 2017). El MPcomb es generalmente constituido por partículas más finas (MP_{2,5}), que tienen un impacto mayor en la salud, por esta razón se optó por esta medida para identificar el impacto de cada medio de transporte en la emisión de MP_{2,5}.

De acuerdo con el entrevistado 17 (IEMA), “*el Inventario de Emisiones Atmosféricas, busca responder las siguientes cuestiones: ¿quién emite?, ¿cuánto emite?, y ¿cómo ocurre esa emisión?. Es una herramienta para descubrir quien es el responsable por la contaminación ambiental. Los resultados del inventario, sirven para simular medidas de intervención y políticas públicas*”.

En este sentido y de acuerdo a los resultados del inventario, es necesario tomar medidas y acciones de política pública para modificar la fuente energética de los buses movidos a diésel y buscar opciones como los buses de baja emisión para disminuir las emisiones de contaminantes locales como el Material Particulado y el Óxido de Nitrógeno, que son los que más afectan la salud pública. También se deben establecer medidas para priorizar un sistema de transporte público colectivo de baja emisión, que debe incluir la creación de líneas exclusivas para los buses como los BRT (*Bus Rapid Transit*) para mejorar la velocidad de los buses y en consecuencia su calidad y atracción para los usuarios.

Con respecto al transporte individual representado por los automóviles, estos son los que más impacto tienen en las concentraciones de CO_{2e}, CO y NMHC (Hidrocarburos No Metano). Los automóviles son los que tienen mayor participación en el total de la flota de São Paulo, por lo cual es necesario, tanto mudar las fuentes energéticas, por ejemplo a través de vehículos eléctricos, como también disminuir el número de vehículos individuales en las calles.

En relación al impacto en la salud asociado al transporte público en São Paulo, el estudio del *Instituto Saúde e Sustentabilidade* y de Greenpeace: “*Avaliação e valoração dos impactos da poluição do ar na saúde da população decorrente da substituição da matriz energética do transporte público na cidade de São Paulo*”, construyó tres escenarios relacionados con las mudanzas en la matriz energética del transporte público entre 2017-2050. Cuanto mayor sea el porcentaje de substitución de flota por alternativas más limpias, menor serán las emisiones y las concentraciones de contaminantes locales, principalmente MP_{2,5} proveniente del uso del diésel. El nivel de concentración de contaminantes impactará en los costos en la salud pública, calculados en función de muertes prematuras (pérdida de productividad) y del aumento de las de hospitalizaciones por enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cáncer (DE ANDRÉ; VORMITTAG; SALDIVA, 2017).

El primer escenario, que se considera pesimista, refleja la continuidad de las políticas actuales y ningún cambio en la composición de la flota actual. En este escenario durante el periodo (2017-2050) se producirán 178.155 muertes relacionadas con la contaminación atmosférica cuyo costo para la salud será de R\$ 54 billones (R\$ 1,5 billón por año) y el costo estimado por el número de hospitalizaciones será de R\$ 634,7 millones, en valores de 2015.

El segundo escenario considerado optimista, plantea la sustitución de la matriz energética en el transporte público de buses, combinando tres tecnologías: Biodiesel (B100), Híbrida y Eléctrica. Para este escenario, se estiman 12.191 muertes evitadas, con un beneficio de R\$ 3,6 billones, en términos de pérdida de productividad evitada. Si se contabiliza la disminución en el número de hospitalizaciones, la economía generada total sería de R\$ 44,5 billones.

Finalmente, el tercer escenario que es considerado ideal, plantea la substitución de 100% de los buses a diésel por buses eléctricos en toda la flota de la ciudad. En este escenario se evitarían 12.796 muertes prematuras con un beneficio de R\$ 3,8 billones. Al considerar la disminución de las hospitalizaciones, los beneficios totales serían de R\$ 46,5 billones. Las vidas salvadas en los escenarios 2 y 3 significan una vida salvada por día hasta el año 2050 (DE ANDRÉ; VORMITTAG; SALDIVA, 2017).

Así, la implementación de buses de baja emisión en el sistema de transporte público de São Paulo, no solo contribuirán en la disminución de las emisiones de GEI y de contaminantes locales, sino que también permitirán mejorar la movilidad de grandes ciudades como São Paulo y en consecuencia disminuir el impacto de la flota de buses urbanos en la salud y sus costos sociales y económicos asociados. Para el caso específico de los buses eléctricos, además de tener cero emisiones de contaminantes, estos no generan ruido, lo que es un beneficio para la salud, tanto de los motoristas como de las personas que viven próximas a las grandes vías de la ciudad.

5.2.1 Sistema de Transporte Público Colectivo de São Paulo⁸²

El municipio de São Paulo, tiene la mayor flota de buses urbanos del país, aproximadamente 15.000 vehículos y una de las más grandes del mundo. Como ya fue mencionado, estos buses urbanos representan el modo de transporte público más importante de la ciudad, incluso por encima del Metro y del Tren.

La empresa SPTrans (*São Paulo Transportes S.A*), es la responsable por la gestión del transporte público de buses urbanos en el Municipio de São Paulo y es una autarquía subordinada a la *Secretaria de Mobilidade e Transportes*. Sus principales directrices son: i) Planificar y fiscalizar el servicio de transporte público de buses urbanos; ii) Fomentar el desarrollo tecnológico para mejorar el confort, accesibilidad y preservación del medio ambiente; iii) Programar las líneas y la flota; iv) Fiscalizar los servicios y las terminales; v) Controlar la remuneración de las operadoras. Algunos de los principales datos operacionales relacionados con la SPTrans se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5.2 Principales datos operacionales de la SPTrans (Julio 2018)

Datos Operacionales	Cifras
Pasajeros transportados en días útiles	10 millones
Número de líneas	1.300
Líneas nocturnas	150
Viajes programados en días útiles	200 mil
Terminales de transferencia	32
Puntos de parada	20 mil
Corredores	12 corredores con extensión de 256 Km en los sentidos ida y vuelta
Corredores de vías exclusivas	415 corredores con extensión de 500 Km en los sentidos ida e volta
Recorrido monitoreado anualmente	840 millones de Km
Consumo promedio anual de combustible	400 millones de litros de diésel
Flota accesible	93%

Fuente: (NETO, 2018). Presentación de la SPTrans realizada en el Encuentro Internacional organizado por el Banco Mundial “*Green Your Bus Ride. Decarbonizing Transport for a Sustainable Future*”, realizado en Foz de Iguaçu (PA) del 27-30 de Agosto de 2018.

⁸² Gran parte de la información relacionada con este capítulo fue proporcionada por el Equipo de Trabajo de la SPTrans en el marco del proyecto de investigación “*PROMOB-E Sistemas de Propulsão Eficiente*”, específicamente en el componente “*Modelo de Negócios da implementação de Ônibus Elétricos no Município de São Paulo*”.

Hasta el mes de Julio de 2018, la SPTrans contaba con 14.383 buses urbanos, de los cuales el 50% utiliza tecnologías Euro III y el otro 50% tecnologías Euro V. La composición de la flota de buses urbanos, se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5.3 Composición de la flota de buses urbanos de São Paulo (Julio de 2018)

Tipo de bus	Número de buses
Minibus	3.036
Midibus	2.151
Básico	3.011
Padron	3.337
Articulado	2.467
Biarticulado	179
Tróibus Padron	201
Total	14.383

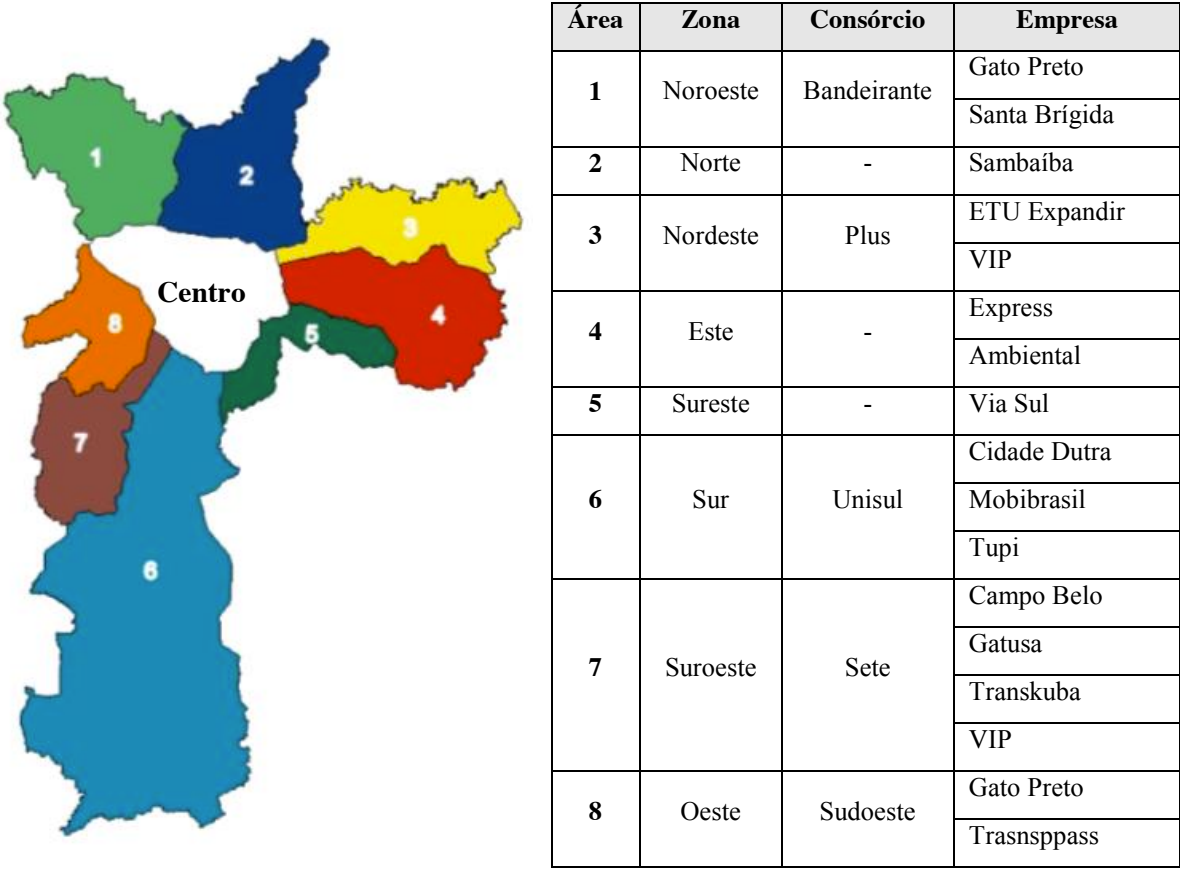
Fuente: (NETO, 2018).

El Sistema Municipal de Transporte Público está compuesto por una red integrada, creada por la *Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes*, en conjunto con la SPTrans en el año 2003. Este sistema está compuesto por dos subsistemas (SPTRANS, 2017):

- **Subsistema estructural:** Son líneas operadas por vehículos de medio y grande tamaño (padron, articulados y biarticulados), destinadas a atender altas demandas e integrar diversas regiones a las áreas centrales de la ciudad. Estos buses transitan por grandes avenidas, calles de alto movimiento y corredores exclusivos.
- **Subsistema local:** Alimenta la malla estructural y atiende los trayectos internos en los sub-centros con líneas operadas por buses comunes y vehículos de menor tamaño, como mini-buses y midi-buses.

El sistema actual de transporte público de São Paulo divide la ciudad en 8 áreas operacionales y para cada área se establecieron lotes para los consorcios y para las empresas. Cada área está identificada con un color diferente y los buses siguen el mismo padrón de colores, de acuerdo con el Manual de Identidad Visual. La zona del centro de la ciudad es atendida por todas las empresas. En la siguiente figura se presentan las áreas operacionales y las empresas de sistema estructural.

Figura 5.1. Áreas operacionales y empresas del sistema estructural de transporte público de buses de São Paulo (2018)



Fuente: Elaboración propia con base en los datos proporcionados por el Equipo de la SPTrans.

5.3 Antecedentes del uso de buses de baja emisión en São Paulo

Desde la década de los 40, el Municipio de São Paulo, ya implementaba flotas limpias en sus sistemas de transportes, incluso sin existir una política o regulación específica para ello. En el año 1949 bajo la coordinación de la *Companhia Municipal de Transportes Coletivos* CMTC, empresa que gestionó la operación del sistema de transporte público de São Paulo hasta 1995, comenzó la operación de trolebús en São Paulo, siendo la primera ciudad de Brasil en utilizarlos. Las primeras unidades de trolebús fueron importadas de empresas de América del Norte e Inglaterra: 4 trolebús británicos *British United Transit*; 6 trolebús norteamericanos *Pullmann Standart*; 20 trolebús norteamericanos *Westran* (ANTP (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS), 1999). En la siguiente figura se presenta el modelo de trolebús de la empresa *Pulmann Standart*.

Figura 5.2 Trolebús norteamericano *Pulmann Standart* (1949)



Fuente: ANTP, (1999).

Estos trolebús entraron a substituir el sistema de *bondes* (tranvías) de la ciudad, al considerarlos más flexibles por no necesitar una infraestructura dedicada de rieles en las vías. En la década del 50 el sistema de trolebús se consolida, adquiriendo 50 unidades de fabricación alemana y 75 trolebús de la empresa ACF-Brill que pertenecían al sistema de Denver, Colorado. “El gobierno local de Denver decidió extinguir su sistema de trolebús, recibiendo a cambio 200 buses a diésel de última generación de la empresa General Motors” (ANTP (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS), 1999). Al igual de lo que sucedió con los primeros vehículos eléctricos, intereses de la industria automovilística

y del petróleo, frenaron el desarrollo de transporte eléctrico por trolebús en los Estados Unidos.

En los años 60, la empresa CMTC comienza la producción local de su propia línea de trolebús, utilizando carrocerías nuevas en los equipos eléctricos de los trolebús más antiguos. Como resultado de esta experiencia fueron montados aproximadamente 150 trolebús por la CMTC. Posteriormente, con las crisis del petróleo de los años 70, el número de trolebús de la ciudad continuó aumentando. En los años 80, los programas de expansión de la flota de trolebús fueron desactivados, lo cual fue reforzado por la caída de los precios del petróleo y el aumento de las tarifas de energía eléctrica (ANTP, 1999).

En los años 90, el sistema de operación de transporte público fue privatizado y se dio un impulso a las concesiones de nuevos corredores metropolitanos. Uno de ellos fue el Corredor ABD, concedido a la Empresa Metra y el cual según especificaciones de la concesión, debería ser operado en su totalidad por trolebús. Como ya fue explicado en el Capítulo 4, la empresa Metra creó la empresa Eletra que fue la encargada de hacer la fabricación nacional de estos trolebús. En la siguiente tabla se presenta la evolución en el número de la flota de trolebús, número de líneas y de extensión de los corredores en São Paulo en el período (1949-1998).

Tabla 5.4 Evolución de la flota de trolebús en São Paulo (1949-1998)

Año	Flota de Trolebús (Unidades)	Extensión de la red (km)	Número de líneas
1949	16	7,2	2
1956	80	57,50	9
1960	156	81,50	15
1965	178	106,15	19
1970	191	122,70	14
1977	192	127	16
1980	300	200,30	15
1983	481	247,80	18
1986	428	264,75	18
1988	504	264,75	19
1992	480	264,75	18
1996	534	264,75	17
1998	552	264,75	31

Fuente: ANTP, (1999).

En la década del 2000, parte de la red de trolebús fue desactivada por la *Prefeitura*, alegando falta de recursos para la restauración de la infraestructura aérea que se encontraba en precarias condiciones. Fueron desmantelados 142,4 kilómetros de la red y se desactivaron 344 vehículos, la red pasó a tener solamente 10 líneas atendiendo solamente el área central de la Zona Este (DIÁRIO DO TRANSPORTE, 2017).

En el periodo 2009-2014 se realizó la substitución de la antigua flota, por trolebús fabricados por la empresa Eletra, equipados con corriente alterna, piso bajo y sistemas autónomos. Una parte de esta renovación de esta flota se dio en el ámbito del Programa Ecofrota. En el año 2018 la flota de trolebús alcanzó 201 unidades en São Paulo y es la tecnología de buses de baja emisión más representativa del país (Ver Tabla 4.1). En la siguiente figura se presenta una fotografía de un trolebús operado por la empresa Ambiental y fabricado por la empresa Eletra.

Figura 5.3 Trolebús en el Viaduto Chá, São Paulo



Fuente: SILVA, (2018)

Además de los Trolebús, la CMTC y la SPTrans, han testado otras tecnologías de baja emisión. En la década de los 80 fueron adquiridos 20 micro-buses movidos exclusivamente a etanol. En 1983, se celebró un convenio de cooperación técnica entre la CMTC, Mercedes Benz, el Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT y la *Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo*, SABESP, que permitió la circulación del primer lote de buses a GNV en São Paulo. Posteriormente en 1991, la CMTC inauguró una línea exclusiva a Gas Natural, que circulaba por el centro de la ciudad. En al año 2000, el número total de buses a gas natural llegó a 250 unidades. Por dificultades de abastecimiento debido a la poca disponibilidad de combustible para el tamaño de la flota, y a diferentes problemas de

desempeño y pérdida de potencia de los buses a GNV, estos fueron desactivados del sistema en 2002 (DIÁRIO DO TRANSPORTE, 2015).

Así, a pesar de que por diferentes motivos de contexto, algunas tecnologías de baja emisión como los buses GNV no consiguieron alcanzar una escala más amplia de implementación, se evidencia que São Paulo, posee unos antecedentes de búsqueda por tecnologías de buses alternativas al óleo diésel. De hecho, los trolebús aunque perdieron el dinamismo con el cual comenzaron en la década del 40, aún circulan un número importante de unidades en las vías de São Paulo y se constituye en la flota de buses de baja emisión más representativa de la ciudad.

5.4 Política de Mudança do Clima no Município de São Paulo

Siguiendo los lineamientos de la *Política Nacional de Mudanças Climáticas PNMC* establecida en Brasil en el año 2009, el Municipio de São Paulo instituyó la ***Política de Mudança do Clima*** que fue aprobada en la ***Lei No. 14.933 del 5 de Junio de 2009*** y ha sido denominada como *Lei do Clima*. Dentro las directrices establecidas por esta ley, se encuentran la promoción del uso de energías renovables y la sustitución gradual de los combustibles fósiles por otros con menor potencial de gases de efecto invernadero GEI, de otros contaminantes y de ruidos y la priorización de la circulación del transporte colectivo sobre el transporte individual.

El Artículo 5 de la ley establece “*para el año 2012 una meta de reducción de 30% de las emisiones antrópicas agregadas oriundas del Municipio, expresadas en CO_{2e} y de los GEI listados en el Protocolo de Kyoto, en relación a los límites establecidos por el Inventario realizado por la Prefeitura de São Paulo en 2005*”. Este artículo también definió que antes de finalizar el periodo de compromiso fueran definidos nuevos objetivos de reducción de emisiones (PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2009).

Además, los artículos 30, 37 y 38 establecen que las licitaciones y contratos administrativos del municipio deben incorporar criterios ambientales y de sustentabilidad en las especificaciones y evaluaciones de productos y servicios.

Específicamente, en lo relacionado con los buses de baja emisión, el Artículo 50 de la ley establece:

Artículo 50: “Los programas, contratos y autorizaciones municipales de transportes públicos deben considerar la reducción progresiva del uso de combustibles fósiles, y queda adoptada la meta progresiva de reducción de por lo menos 10% en cada año, a partir del 2009 y la **utilización en el 2018 de combustible renovable no-fósil por todos los buses del sistema de transporte público del Municipio**” (PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2009).

La *Lei do Clima*, fue pionera en Brasil, al establecer metas ambiciosas en relación a la reducción de emisiones de GEI y la implementación de una flota limpia, en un plazo relativamente corto de tiempo. Para acompañar el cumplimiento de esta Lei, en el año 2010, la *Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes*, promulgó la *Portaria 069/2010*, que determina la creación de una Comisión de Medio Ambiente, que tenía como objetivo desarrollar estudios e implantar acciones ambientales para la reducción de los niveles de emisión.

Para cumplir la meta propuesta por la Ley, fue necesario efectuar el cálculo del consumo de óleo diésel de toda la flota de buses del Sistema Municipal de São Paulo. Considerando todos los tipos de vehículo y su desempeño, se estimó un consumo de 390 millones de litros de diésel por año, lo que indicaba que era preciso reducir el consumo de diésel en aproximadamente 39 millones de litro por año (SECRETARIA MUNICIPAL DE MOBILIDADE E TRANSPORTES. PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2012).

Una de las iniciativas más interesantes relacionadas con la implementación de buses de baja emisión en São Paulo y que surgió como respuesta a la *Lei do Clima*, fue el **Programa ECOFROTA**. La Secretaria Municipal de Transportes, la SPTrans y la CET (*Companhia de Engenharia de Tráfego*) en conjunto, lideraron la implementación de este programa, para lo cual realizaron una serie de testes y proyectos demostrativos con diversas tecnologías que conseguirían alcanzar la ley como: Diésel de Caña de Azúcar, Etanol, Trolebús, Biometano/Gas Natural, Híbrido, Eléctrico a Batería y Buses a hidrógeno. En la siguiente figura se presentan algunos buses a etanol que hicieron parte del Programa.

Figura 5.4 Buses a Etanol, Programa Ecofrota



Fuente: Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes. Prefeitura da Cidade de São Paulo, (2012).

El programa comenzó en febrero de 2011 y hasta el año febrero de 2012, el Programa Ecofrota ya contaba con más de 1.600 buses, divididos en 200 líneas que correspondían al 11% de la flota total del municipio. Durante este periodo hubo una reducción de 6,3% de las emisiones de contaminantes y 6,7% de las emisiones de CO₂ (SECRETARIA MUNICIPAL DE MOBILIDADE E TRANSPORTES. PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2012).

Sin embargo, estas alternativas energéticas presentaban barreras operacionales, tecnológicas y económicas que impedían su implementación en toda la flota. De acuerdo, con el entrevistado 10 (SPTrans), en el caso del Diésel de Caña de Azúcar, había problemas asociados a la producción de baja escala, el precio por litro era de 9 reales por litro, en comparación con el diésel que era de 2 reales por litro, lo que en términos económicos hacía inviable su operación.

Con relación al Etanol, la SPTrans testó una flota piloto de 60 buses, pero estos eran más caros en comparación con el diésel y el desempeño del carro era menor. *“Mientras que un bus a diésel hacia 2 kilómetros por litro, el bus a etanol hacia 0,96 kilómetros por litro, es decir ni siquiera alcanzaba 1 kilómetro por litro, por lo cual su costo operacional era mucho más alto. Debido a esto, los operadores decidieron dejar de operar con este tipo de buses, aunque aun existen 10 buses a etanol rodando en el sistema”* (Entrevistado 10, SPTrans). En el siguiente cuadro se presentan las ventajas y desventajas relacionadas con el desempeño de cada una de estas alternativas.

Cuadro 5.1. Ventajas y desventajas de las alternativas tecnológicas de los buses de baja emisión testadas por la SPTrans

Alternativas Tecnológicas de los buses de baja emisión	Ventajas	Desventajas
Biodiesel Durante el período 2011-2013 operaron 1.200 buses movidos con una adición de 20% de biodiesel al diésel de petróleo	Producto 100% Nacional y Renovable. Es producido para ser usado en motores de ciclo diésel. Con esta combinación no hay necesidad de alteración en el motor. Reducción de MP en hasta 22% y de 15% de CO₂	Aumento de consumo de combustible de aprox. 3,6% Aumento de las emisiones de NOx en hasta 8%. Cuanto mayor la proporción de biodiesel en la combinación, mayor es el consumo y la emisión de NOx. Problemas técnicos en el motor cuando el biodiesel es de origen animal. Limitación de combinación de 20% por las montadoras. Encima de esta proporción hay necesidad de alteraciones en el motor y en la propia especificación del biodiesel.
Etanol A partir de 2011 operaron 60 buses a etanol	Producto 100% Nacional. Reducción de contaminantes: MP: 90%; NOx: 64%; CO₂: 95%.	Mayor consumo de combustible en hasta el 70% comparado con el similar a diésel. Solo hay un proveedor de motores movidos a etanol. Necesidad de 5% de aditivo a cada litro de etanol elevando los costos de operación. Inestabilidad tanto en la provisión como el precio del combustible. Costo de mantenimiento alto.
Diésel de Caña de Azúcar Desde 2011 y durante 16 meses operaron 395 buses movidos con adición de 10% de diésel de caña de azúcar (biodiesel) al diésel de petróleo	No hay necesidad de modificaciones en los motores de los vehículos ni en la infraestructura de abastecimiento. Posibilidad de utilización de combinación en diferentes porcentajes hasta la sustitución plena. No hay alteraciones en el consumo de combustible y ni pérdida de rendimiento en torque de potencia utilizando diferentes proporciones de combinación, inclusive con 100%. Reducción de contaminantes: MP: 9%; NOx: 4%; CO₂: 9%	Baja capacidad productiva. Costo elevado en función del proceso y de la baja capacidad productiva. Solo hay un único proveedor.
Vehículos con Biometano/Gas Natural	Producto 100% Nacional Menores emisiones de gases contaminantes, principalmente MP Menor costo de operación (R\$/Km) considerando apenas el combustible	Gas natural de origen fósil, que no está contemplado en la <i>Lei do Clima</i>. Costo de la infraestructura para compresión del gas dentro las instalaciones de los garajes. Mayor consumo de combustible comparado con el vehículo movido a diésel. Única distribuidora de Gas Natural (Comgas) y la producción actual no atendería una demanda de gran escala.
Trolebús Actualmente operan 201 trolebús en São Paulo	Tecnología consagrada. Producción Nacional. Alternativa 100% limpia y de cero emisiones. Silencioso.	Baja flexibilidad operacional. Elevado inversión en la infraestructura eléctrica. Mayor costo de manutención y operación (considerando la red aérea).
Buses Híbridos	Reducción de los niveles de emisión de contaminantes y ruidos, en hasta 50%	Motor de combustión interna movido a combustible fósil, lo que está

	si se compara al similar diésel EURO V.	contrariando la <i>Lei do Clima</i> . Inversión inicial en la adquisición y costo de mantenimiento superiores a su similar movido a diésel.
Buses Eléctricos a Batería	Cero emisiones de contaminantes y menor nivel de presión sonora (Ruido). Flexibilidad operacional semejante a los buses con MCI. Autonomía de 250 Km lo que atiende las exigencias operacionales. No hay necesidad de red aérea a lo largo de las vías.	Mayor costo de adquisición en comparación a los buses a diésel. Incertidumbre sobre la tecnología por parte de los operadores de flota. No hay una infraestructura de recarga lista para este tipo de buses.

Fuente: (NETO, 2018); (SECRETARIA MUNICIPAL DE MOBILIDADE E TRANSPORTES. PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2012).

En el año 2014, el Programa Ecofrota fue suspendido por la SPTrans y la *Prefeitura* argumentando problemas técnicos y financieros. Sin embargo, los resultados de este proyecto de demostración fueron importantes porque a pesar de las barreras operacionales identificadas, demostró que si hay una clara voluntad política es posible la incorporación de buses de baja emisión, lo que quedó demostrado con la incorporación de una flota de 201 trolebús que aun continúan en el Sistema de Transporte Público Colectivo de São Paulo.

A pesar de estos esfuerzos, la meta de hacer de substituir toda la flota del municipio de São Paulo (15.000 buses aproximadamente) para combustibles no-fósiles en solo 10 años, no se cumplió. Algunas de las razones de no cumplir estas metas fueron descritas por el entrevistado 10 de la empresa SPTrans: “*en el 2009 cuando se firmó la ley, la ciudad se vinculó al **Proyecto C40 Cities** (Cities Climate Leadership Group) y con el ánimo de presentar propuestas de sostenibilidad ambiental, se plantearon estas metas ambiciosas de reducción de combustibles fósiles en el transporte público, sin tener en cuenta las verdaderas posibilidades tecnológicas y financieras. Esta ley se hizo sin realizar ningún tipo de consulta pública, ni se tomó en cuenta las opinión de expertos del sector de transportes públicos*”.

Además y de acuerdo con el Entrevistado 10, “*en el momento que se formuló la Lei do Clima, las tecnologías de baja emisión para buses, estaban en un etapa incipiente de desarrollo tecnológico y solo estaban disponibles fuera del país. Su costo de adquisición era mucho mayor en comparación con los buses a diésel y no existían las condiciones financieras para hacer una inversión de tal magnitud*”. En este sentido, el costo superior de estas tecnologías podría tener un impacto importante en el equilibrio económico y financiero del Municipio, ya que los contratos de la concesión del transporte público son en gran parte subsidiados.

5.5 Licitación del Sistema de Transporte Colectivo del Municipio de São Paulo

Paralelamente a las diferentes iniciativas encaminadas al cumplimiento del Artículo 50 de la ley 14.933/2009, se comenzó la discusión sobre la nueva Licitación del Sistema de Transporte Colectivo del Municipio de São Paulo. Originalmente, la licitación debió realizarse desde el año 2013, pero fue cancelada por la gestión del *Prefeito* Fernando Haddad, debido en parte a las manifestaciones sociales contra los valores de las tarifas de los buses y sobre la calidad del servicio de transporte público que se dieron en junio de 2013⁸³. El argumento de la Prefeitura era que un procedimiento tan importante como la licitación, no podría ser realizado sin ser exclusivamente discutido con la sociedad (GREENPEACE, 2016). Debido al atraso en la licitación, São Paulo funciona con contratos de emergencia y adiciones al contrato con las operadoras del sistema de transporte público, para garantizar la prestación del servicio.

El atraso en el proceso de la licitación fue un factor que también influyó para el no cumplimiento de las metas de renovación de flota propuestas por la *Lei do Clima*, ya que las operadoras de transporte público no estaban obligadas a cumplir la ley, sin un proceso de licitación y sin un contrato que lo estipulara como obligación. En este sentido, al no tener ningún compromiso contractual, las empresas operadoras de flota no estaban dispuestas a invertir en tecnologías más costosas y desconocidas para ellas.

Durante la gestión del *Prefeito* Fernando Haddad, fue elaborado el *Plano de Mobilidade Urbana*, en el año 2015, el cual estaba alineado a la *Política Nacional de Mobilidade Urbana* (PNMU), que establecía que todos los municipios por encima de 20.000 habitantes deberían elaborar dicho Plano. Una de las principales directrices de este *Plano de Mobilidade*, es la priorización del uso del espacio de las vías urbanas por el transporte público colectivo, transporte activo y la movilización a pie. Este plan también contempla la necesidad de incrementar el número de líneas exclusivas de buses para mejorar la eficiencia y atracción del transporte público colectivo.

⁸³ Las protestas sociales comenzaron en São Paulo en Junio de 2013, y fueron lideradas por el *Movimento Passe Livre*. El objetivo principal era la reducción del precio del pasaje del sistema de transporte público, sobre el cual había sido anunciado un aumento de R\$3,00 para R\$3,20. Posteriormente, las protestas se trasladaron a otras ciudades del país como Rio de Janeiro, Natal, Porto Alegre, Belo Horizonte, Curitiba, Brasília, entre otras, generando un movimiento nacional en contra del aumento de las tarifas, la calidad del sistema de transporte público y otros asuntos sociales de carácter nacional. Como resultado de las protestas, la Prefeitura de São Paulo y el Gobierno del Estado de São Paulo, revocaron la medida del aumento de la tarifa, así mismo lo hicieron los gobiernos de los demás Estados (SINGER, 2013).

Además, con el fin de mitigar los costos ambientales y sociales asociados al transporte, este Plano tiene como directriz el incentivo al desarrollo tecnológico, mejora de la calidad del sistema de transporte colectivo y la reducción de las emisiones atmosféricas de los sistemas de transporte. Así, la implementación de este Plano también planteaba la necesidad de acelerar la incorporación de buses de baja emisión en el Sistema de Transporte Colectivo de São Paulo.

El proceso de la Licitación solo fue retomado en el año 2015, donde fue lanzado un nuevo *edital* de licitación, el cual fue suspendido por *Tribunal de Contas do Município (TCM)*, alegando diferentes irregularidades, principalmente de carácter financiero. Después de todo un proceso de concertación entre la *Secretaria de Mobilidade e Transportes* y el TCM, este último liberó la licitación en el año 2016. Sin embargo, debido a la proximidad de las elecciones municipales y a que el texto solo fue abierto para consulta pública por un mes, el *Prefeito Haddad*, decidió que la Licitación fuera gestionada por la siguiente administración.

De acuerdo con Greenpeace, (2016), la propuesta de la licitación, a pesar de contemplar cambios en la utilización del modelo de transporte y de remuneración, la propuesta era tímida en relación a la incorporación de la *Lei do Clima*, y específicamente en lo relacionado con la implementación de una flota 100% renovable para el sistema en el 2018, lo cual estaba determinado en el Artículo 50. Las consideraciones acerca del cumplimiento del Artículo 50, necesariamente deberían ser contempladas en la próxima licitación.

5.6 Retomada del Proceso de Licitación y modificación del Artículo 50 de la *Lei do Clima*

En el año 2017, la administración del *Prefeito* João Doria afirmó que comenzaría de nuevo el proceso de Licitación del Sistema de Transporte Público Colectivo, el cual fue liderado por la *Secretaria de Mobilidade e Transportes*, en cabeza del Secretario Sergio Avelleda y por la SPTrans, que sería la responsable de definir las condiciones de la nueva licitación. Es así, como en Junio de 2017 fueron presentadas las directrices de la nueva licitación en diferentes Audiencias Públicas municipales y regionales.

En el Trabajo de Campo 4, que corresponde a la presentación pública de la Licitación, se evidenció la importancia de esta licitación y el gran número de actores heterogéneos interesados en participar. El valor de los contratos de la nueva licitación asciende a la suma de R\$ 68 billones para concesiones de 20 años. La renovación de una flota de esta magnitud, es de gran importancia para dinamizar la capacidad productiva y las ventas

de las empresas de buses y de toda la cadena asociada, como autopartes, componentes, carrocerías, empresas distribuidoras de combustibles, entre otros.

La nueva licitación aborda diferentes elementos asociados a la prestación del servicio de transporte público colectivo: alteraciones en la red de transporte, como racionalización de las líneas y disminución del número de buses; modernización de los buses (aire acondicionado, *Wi-Fi*); cambios en el modelo de remuneración; y metas anuales de reducción de emisiones y cronograma de sustitución de flota por vehículos más limpios. La licitación establece unas metas de reducción de emisiones de forma gradual, en un plazo de 10 y 20 años⁸⁴, contados a partir del inicio de la licitación, los cuales se presentan en el siguiente gráfico.

Gráfico 5.3 Cronograma de Reducción de Emisión de Contaminantes de Flota



Fuente: SECRETARÍA DE MOBILIDADE E TRANSPORTES; SPTRANS, (2017).

Dentro las alternativas energéticas consideradas por la licitación para alcanzar las metas de reducción de emisiones se encuentran: Diesel de Caña de Azúcar, Biodiesel, Biometano, Buses Eléctricos Híbridos, Buses Eléctricos a Batería y Trolebús. La única tecnología que no fue contemplada en el edital fue el Gas Natural Vehicular por ser de origen fósil y buses con normas Euro VI, ya que la perspectiva para su implantación era para el año

⁸⁴ Para el cálculo del total de las emisiones de contaminantes, se tomaron en cuenta los kilómetros recorridos anualmente por la flota (PMA), multiplicados por los factores de emisión de cada contaminante (CO₂, MP, NOx) y estos a su vez, multiplicados por el consumo promedio de litros por kilómetros, así: Total de emisiones (kg/año)=PMA(km) x factor de emisión x consumo promedio (l/k). La flota base para el cálculo de la reducción de contaminantes es la de Diciembre de 2016 (SPTRANS, 2018).

2023 (como efectivamente sucedió). Al imponer metas de emisión, los operadores quedan en libertad de escoger los combustibles y tecnologías de baja emisión, que puedan responder a estos límites, eliminando así los posibles sesgos para determinar cual es la mejor tecnología o el combustible más adecuado.

A pesar que el *edital* de la licitación fue lanzado en el mes de Junio de 2017, esta no pudo implementarse de manera inmediata. La principal razón es que el Artículo 50 de la *Lei 14.933/2009* aun estaba vigente, y si era lanzada la nueva licitación esta debería cumplir con lo establecido por la ley, lo que obligaría que toda la flota de buses de São Paulo, fuera substituida por una flota que utilizara combustibles renovables no fósil, para el 2018, lo cual era imposible. Debido a esto, en Agosto de 2017 se anunció que la licitación solo seria publicada una vez fuera modificado el Art. 50 de la *Lei do Clima*, para evitar posibles impugnaciones por no cumplir la ley vigente.

Durante el *XIII Salão Latino-Americano de Veículo Elétrico* (Trabajo de campo 5), el entonces *Secretario do Verde e Meio Ambiente*, Gilberto Natalini, manifestó que la Secretaria estaba liderando junto con un grupo de *vereadores* de la *Câmara Municipal de São Paulo*, la elaboración de un proyecto de ley único, que tenía como objetivo modificar el Artículo 50 de la *Lei do Clima* y de esta manera viabilizar la apertura de la Licitación, incluyendo alternativas energéticas en la flota del transporte público de São Paulo. En palabras del Secretario: *“la implementación de esta nueva flota reducirá considerablemente las emisiones de CO₂, MP y NOx, que no solo incluye a los buses, sino también a los camiones de basura, transporte escolar e transporte inter-municipal. Vamos a ser protagonistas de una mudanza radical en la legislación de São Paulo con respecto a la troca de la matriz energética del transporte [...] Es sobre el transporte público que el poder público tiene mayor gobernabilidad a través de las concesiones y licitaciones”*.

Así mismo, el vereador Caio Miranda presentó su propuesta de proyecto de ley, la cual además de incluir la reducción de emisiones, también contemplaba metas de reducción de ruido por parte de la flota de buses, principalmente en los grandes corredores, lo cual estimularía la incorporación de buses eléctricos, frente a los buses con MCI. De acuerdo con el vereador Miranda: *“una persona expuesta por más de 8 horas diarias a niveles de ruido por encima de 75 decibels, tiene pérdidas irreparables en la audición. De hecho, un gran porcentaje de los conductores de buses, que trabajan en buses con motor delantero, presentan 40% de reducción de su capacidad auditiva y problemas neurológicos”* (Trabajo de Campo 6, *XIII Salão Latino-Americano de Veículo Elétrico*). En este sentido, es

indispensable fomentar mudanzas rápidas en las tecnologías de los buses y substituir los más antiguos, para mitigar la exposición al ruido tanto de los conductores, como de las personas que viven cerca de los corredores de buses.

Una de las propuestas que generó bastantes controversias fue el *Projeto de Lei 300 de 2017*, del *vereador* Milton Leite, el cual tenía como objetivo modificar el artículo 50 de la Lei 14.933/2009, y privilegiar el biodiesel en la transición de una flota menos contaminante para el municipio de São Paulo. De acuerdo con este proyecto, para el año 2018 toda la flota de buses deberán ser abastecidos con una mezcla B20, es decir, 20% de biodiesel al diésel tradicional y que para el año 2020, los buses deberían operar con B100, que significa que el 100% sea a biodiesel.

El proyecto también planteaba la progresiva incorporación de tecnologías Euro así: para el año 2018, la mitad de la flota de buses de São Paulo debería funcionar con tecnologías Euro V; para el año 2021 la tecnología Euro III debería de dejar de existir en 2021 y para el año 2022, al menos el 10% de la flota ya deberían funcionar con tecnología Euro VI. En relación a la incorporación de buses eléctricos, la substitución debía comenzar solo en el 2023, con 75 vehículos y el objetivo que para el 2037 haya un mínimo de 1.500 buses eléctricos, que pueden ser a batería o trolebús.

Este proyecto de ley fue bastante discutido debido al *viés* que presentaba en relación a la priorización de los vehículos movidos a biodiesel. De acuerdo con la entrevistado con Greenpeace: *“el proyecto de ley propuesto por Milton Leite, no tenía ningún interés en priorizar el medio ambiente, la propuesta era inaceptable porque solo tenía en cuenta el biodiesel y dejaba para un futuro muy lejano la implementación de Euro VI y tecnologías eléctricas”* (Entrevista 15). La propuesta planteada en este proyecto podría generar una inercia en la industria de buses, ya que continuarían fabricando buses con motores a diésel y con configuraciones atrasados frente a las Normas Euro y seguir posponiendo indefinidamente la implementación de buses híbridos y/o eléctricos.

Después de muchos debates sobre la importancia de modificar el Artículo 50 de la Lei 14.933/2009, y de la necesidad de implementar una flota de baja emisión en São Paulo, en plazos acordes con la realidad del Municipio y del contexto de desarrollo de las tecnologías de baja emisión, en Diciembre de 2018, un grupo de *vereadores*⁸⁵ presentó modificaciones al Proyecto de Lei No. 300/17, el cual entró en discusión en la *Câmara Municipal*. Con esta

⁸⁵ Este proyecto de ley fue presentado de manera conjunta por los *vereadores*: Gilberto Natalini, Milton Leite, Caio Miranda, Adilson Amadeu, Conte Lopes, João Jorge, Ricardo Teixeira y Senival Moura.

perspectiva de modificación del Artículo 50, finalmente fue publicada la minuta del *edital* de la licitación el 21 de Diciembre de 2018.

El Proyecto de Lei No. 300/17 se convirtió en la **Lei No. 16.802 de 17 de enero de 2018**, la cual establece:

“Da una nueva redacción al artículo 50 de la ley 14.933/2009, que dispone sobre el uso de fuentes motrices de energía menos contaminantes y menos generadoras de gases de efecto invernadero en la flota de transporte colectivo urbano del municipio de São Paulo y da otras providencias” (CIDADE DE SÃO PAULO, 2018a).

El principal objetivo de esta ley es que determina que los operadores del Sistema de Transporte Urbano de Pasajeros del Municipio de São Paulo, deben promover la reducción progresiva de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) de origen fósil y de contaminantes tóxicos emitidos en la operación de sus respectivas flotas, como MP y NO_x, por medio de la utilización gradual de combustibles y tecnologías más limpias y sustentables. El plazo de implementación está articulo a las metas definidas por la licitación en plazos de 10 y 20 años. En la siguiente tabla se presentan las metas de reducción de emisiones.

Tabla 5.5 Metas de reducción de emisiones para el Transporte Urbano de Pasajeros del Municipio de São Paulo (2018)

Parámetro	Al final de 10 años	Al final de 20 años
CO ₂ (Dióxido de carbono de origen fósil)	50%	100%
MP (Material particulado)	90%	95%
NO _x (Óxido de nitrógeno)	80%	95%

Nota: Las metas de emisión se calculan con base a las emisiones del año 2016 y se empiezan a contar una vez la ley es reglamentada.

Fuente: CIDADE DE SÃO PAULO, (2018a).

La reducción de emisiones se calcularán en relación a las emisiones totales de la flota del año 2016 y solo se tendrán en cuenta las emisiones del uso final de los insumos energéticos. Estas metas de reducción de emisiones también aplican para los servicios de recolección de residuos sólidos urbanos y hospitalarios, transporte escolar y transporte inter-municipal.

La ley también establece que el proceso de substitución de flota debe priorizar la expansión de la flota de trolebús, hasta que la actual red de distribución de energía no quede con capacidad ociosa. Este punto es importante ya que permite aprovechar las capacidades

que existen en el país en relación a la fabricación de trolebús y al conocimiento de su operación.

Otro aspecto interesante de esta nueva ley, es planteado en el parágrafo 12 del Artículo IX, que determina que 18 meses después de ser implementada la ley, la administración municipal deberá presentar estudios de los escenarios posibles de reducción de emisiones de flota por la mejora de operación del sistema de transporte, mediante una red de corredores y con prioridad para que los vehículos operen en canaletas segregadas, indicando las posibles tecnologías a ser empleadas en términos de aumento de velocidad, reducción del tiempo de viaje, kilómetros rodados, consumo energético y de emisión de contaminantes tóxico y de GEI (CIDADE DE SÃO PAULO, 2018a).

Teniendo en cuenta este artículo, la nueva ley no solo abre una ventana de oportunidad clara y específica para la implementación de nuevas tecnologías de baja emisión en el sistema de transporte público colectivo, sino que también propone priorizar el sistema de buses a través de vías exclusivas, con el objetivo de aumentar la velocidad, eficiencia y en consecuencia mejorar el servicio para los usuarios.

En relación al proceso de Licitación que se desarrollaba paralelamente, una vez que fue definida la modificación del Artículo 50, durante los primeros meses de 2018 se abrió la Licitación para Consulta Pública, la cual terminó el 5 de Marzo de 2018⁸⁶. Se recibieron más de 7.000 cuestionamientos y sugerencias de mejoras, las cuales fueron respondidas tanto por la *Secretaria de Mobilidade e Transportes* como por la SPTrans.

Este proceso de consulta pública fue importante porque involucró la participación de diversos actores, entre los que se encontraban empresas de buses, operadores de flota, organizaciones ambientales, usuarios del sistema y la sociedad civil en general. La publicación final de la Licitación fue el 24 de Abril del 2018, ahora sobre la gestión del *Prefeito Bruno Covas*. Sin embargo, el *Tribunal de Contas do Município TCM*, suspendió nuevamente la Licitación el día 8 de Junio de 2018, señalando 51 irregularidades, 20 impropiedades (irregularidades menos graves) y 19 recomendaciones. Las principales observaciones por parte del TCM eran relacionadas con el valor de la remuneración de los contratos y por el plazo de duración de 20 años al considerarlos muy extensos.

⁸⁶ Durante todo el proceso de Consulta Pública se realizó un acompañamiento en las Audiencias Públicas sobre los avances de la Licitación en la *Câmara Municipal de São Paulo* (Trabajo de Campo 8).

Los atrasos de la nueva licitación obligaron nuevamente a la SPTrans en el mes de Julio, a implementar contratos de emergencia con los operadores de flota por seis meses más, los cuales son mucho más caros si se comparan con los contratos que se realizan bajo las condiciones de la licitación. De acuerdo con el TCM, “*por causa del atraso en la licitación, que debió realizarse en 2013, São Paulo gastó entre Enero de 2014-Septiembre de 2018, R\$ 23,13 billones en el subsistema estructural y R\$ 10,94 billones en el subsistema local*” (DIÁRIO DO TRANSPORTE, 2018e). Así, seguir posponiendo la licitación de manera indefinida acarrearía gastos no previstos por la *Prefeitura* y/o la reasignación de recursos destinados inicialmente para otros rubros.

El día 30 de Julio la *Secretaria de Mobilidade e Transportes* confirmó que entregó al TCM las respuestas a los 90 cuestionamientos realizados. El 24 de Octubre de 2018, y después de analizar las respuestas de la SPTrans, el TCM liberó la Licitación del Sistema de Transporte Público de São Paulo. Finalmente, el 24 de noviembre de 2018, la licitación fue retomada por la *Prefeitura*, la publicación de los nuevos editales se realizó el 6 de diciembre de 2018 y la entrega de las propuestas está prevista para Enero de 2019 (DIÁRIO DO TRANSPORTE, 2018f). Los nuevos editales contemplarán las alteraciones y sugerencias hechas por el TCM, pero manteniendo las metas de emisiones de contaminantes ya definidas tanto por la licitación como por la *Lei 16.802/18*.

Una vez que el nuevo *edital* de la licitación sea publicado, y sean adjudicados los contratos, la concesionaria deberá presentar al poder concedente un cronograma de cómo será compuesta la flota en hasta 120 días después de la firma del contrato. Este cronograma será evaluado por el equipo técnico de la SPTrans y por el Comité Gestor de acompañamiento de la substitución de flota. Una vez aprobado el cronograma, la concesionaria tendrá un plazo de 12 meses para iniciar la implantación de la nueva flota. Además los operadores están obligados a presentar un informe anual de las emisiones de su respectiva flota y las medidas de control implementadas para reducir las emisiones. En este sentido, los operadores se deben asegurar que las tecnologías que van a seleccionar garanticen la reducción efectiva de las emisiones de acuerdo a las metas establecidas tanto en la licitación como en la Ley Ambiental.

5.7 Creación del Comité Gestor de acompañamiento de la substitución de flota por alternativas más limpias

Paralelamente al proceso de la licitación, la Lei No. 16.802 de 17 de enero de 2018, fue reglamentada definitivamente por el **Decreto No. 58.323 de 16 de Julio de 2018**, el cual establece la creación el Comité Gestor del “*Programa de acompanhamento da substituição de frota por alternativas mais limpas*”. Esto significa que la Lei No. 16.802/2018 entra en vigor a partir del 16/07/18. Los principais objetivos de este Comité son (CIDADE DE SÃO PAULO, 2018b):

- *Proponer, estimular, acompañar y fiscalizar la adopción de planes, programas y acciones que viabilicen el cumplimiento del “Programa de Acompanhamento da Substituição de Frota por Alternativas Mais Limpas”.*
- *Ajustar las metas intermediarias y finales de reducción de emisiones establecidas por la Lei No. 14.933/2009, para indicadores más rigurosos, en términos de emisiones reducidas y plazos, mediante evaluaciones objetivas y transparentes que serán realizadas cada 5 (cinco) años, siempre y cuando haya una coyuntura favorable.*
- *Acompañar permanentemente la evolución anual de las mejorar ambientales de las flotas individuales de cada operador y de la flota total del sistema municipal, en el sentido de establecer, con la debida anticipación, los arreglos necesarios para garantizar el efectivo cumplimiento de las metas intermedias y finales globales de reducción de emisiones establecidas por la Lei No. 14.933/2009.*
- *Identificar las tendencias tecnológicas relacionadas a la Substitución de Flota por Alternativas más limpias.*

Los miembros que conformarán el Comité Gestor de acompañamiento incluyen diferentes secretarías municipales y representantes de la sociedad civil, asociaciones ambientales, universidades, empresas operadoras de flota, representantes de la industria automovilística, entre otros. En el siguiente cuadro se presentan los miembros del comité.

Cuadro 5.2 Miembros del Comité Gestor del “*Programa de acompanhamento da substituição de frota por alternativas mais limpas*”.

Secretarías Municipales	<i>Mobilidade e Transportes; Verde e do Meio Ambiente; Prefeituras Regionais; Infraestrutura Urbana e Obras; Fazenda; Relações Internacionais; Governo Municipal.</i>
Representantes de instituciones, entidades, empresas, consejos, asociaciones o segmentos.	<i>SPTrans; CET/SP; Empresas o consorcios concesionarios que operen el Subsistema Estructural y Local; Entidad con representatividad legal del sector de transportes de pasajeros de flete; Secretaria dos Transportes Metropolitanos do Estado de São Paulo; EMTU; Conselho Internacional para Iniciativas Ambientais Locais (ICLEI); Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – (FIESP); USP; UNESP; ANFAVEA; Greenpeace; ANTP; Força Sindical, entre otros.</i>

Fuente: CIDADE DE SÃO PAULO, (2018b).

Es importante resaltar la inclusión de universidades como la USP y la UNESP y de entidades y organizaciones ambientales como ICLEI y Greenpeace, entidades sin ánimo de lucro, que se encargarán de garantizar el cumplimiento de la ley y de representar los intereses de la sociedad civil. De acuerdo con el entrevistado de Greenpeace: *“la creación de este comité es un gran avance, porque es la primera vez que hay un comité dedicado exclusivamente a evaluar el cronograma de las metas de reducción de emisiones”* (Entrevista 15).

A pesar de que este comité incluye la participación de un grupo de actores heterogéneos que pueden garantizar el cumplimiento de las metas de reducción de emisión, no se incluyó la participación de la Secretaria de Salud del Municipio, la cual debería velar por la incorporación de una flota más limpia que disminuya en impacto en la salud pública y en el costos asociados. De hecho, de acuerdo con la entrevista con el *Sindicato das Empresas de Transporte Público Coletivo Urbano de Passageiros de São Paulo (SPUrbanuss)* entrevistado 16, de SPUrbanuss, *“ni en las audiencias públicas de la licitación, ni en el debate de la nueva ley ambiental, se observó la participación de la Secretaria de Salud”* (Entrevistado 16). Esta es una gran falencia, porque como se evidenció las muertes prematuras y el número de hospitalizaciones asociadas a problemas de calidad del aire, están generando altos costos en el sistema de salud pública.

En el comité de acompañamiento tampoco se incluyó a la ABVE que es la asociación que agremia a las empresas de buses de baja emisión, como BYD, Eletra y Volvo, las cuales jugarán un papel importante en relación a la provisión de este tipo de tecnologías para el sistema de transporte. En contraste, se incluyó a la ANFAVEA, la cual representa los intereses de empresas automovilísticas asociadas al régimen socio-técnico.

La creación de este comité y el proceso mismo de construcción de la ley y de la licitación se hizo a través de consultas públicas y contó con la participación de diferentes entidades y expertos, lo cual no sucedió con la antigua ley. Organizaciones como Greenpeace, ABVE, SPUrbanuss, ANFAVEA, empresas como Mercedes Benz, entre otras, participaron activamente de estos procesos, lo que en parte garantiza un consenso en relación a las límites de emisión exigidos y al seguimiento a las metas de emisión y a los compromisos adquiridos por los operadores.

El entrevistado de la SPTrans (Entrevistado 7) y de Greenpeace (Entrevistado 15), coinciden en afirmar que las metas de emisión definidas por la modificación del Artículo 50 y por la licitación, son razonables y los textos son consecuentes con la realidad del país y de la

ciudad. El cumplimiento de estas metas de reducción de emisiones convertirá a São Paulo en un ejemplo mundial de liderazgo hacia una movilidad de bajo carbono y de implementación de tecnologías de nicho de buses de baja emisión.

5.8 Cuestionamientos sobre la Licitación y sobre la modificación del Artículo 50

Una vez entendido el proceso de formulación de la Licitación del Sistema de Transporte Público y de la modificación del Artículo 50 de la *Lei do Clima*, que por no decir menos fue “complicado”, diferentes autoridades del gobierno local, operadores de flota, y empresas asociadas al régimen socio-técnico han manifestado una serie de cuestionamientos e incertidumbres sobre la implementación de una flota de baja emisión para São Paulo, principalmente en relación a los aspectos financieros, de remuneración y de la operación de las nuevas tecnologías.

De acuerdo con la entrevista con el SPUrbanuss, *“Hay una gran preocupación por parte de los operadores con la factibilidad y viabilidad económica y financiera para la implantación de la licitación. Los operadores de flota son favorables a tecnologías de bajo impacto ambiental y de mejores motores, y no tienen ningún cuestionamiento en relación a la reducción de emisiones de MP y NOx que son los contaminantes que están más relacionados con la calidad del aire y el impacto en la salud. Pero para ellos, hay una dificultad enorme de alcanzar las metas de reducción de CO₂, que tienen que ver con el calentamiento global y los GEI”* (Entrevistado 16).

Para los operadores, cumplir las metas de reducción de CO₂ definidas por la Licitación y la Ley, implica necesariamente la incorporación de buses eléctricos a baterías y/o trolebús, los cuales tienen un precio de adquisición mayor en comparación con los buses a diésel. Además estos buses tienen costos asociados a la infraestructura, tanto por el mantenimiento de las redes aéreas en el caso de los trolebús, y de infraestructura de recarga para el caso de los buses eléctricos a batería.

Para los operadores, la *Prefeitura* no va a tener los recursos suficientes para asumir estos gastos adicionales por el cambio de flota y para hacer las remuneraciones correspondientes. De acuerdo con el entrevistado de SPUrbanuss: *“la operación del sistema de transporte público de São Paulo es altamente onerosa, el costo anual del servicio es de R\$ 8 billones, de los cuales R\$ 4,5 provienen de la recaudación y R\$ 3,5 son subsidiados por la Prefeitura”*. Para el entrevistado de la empresa Mercedes Benz, *“una tecnología como los*

buses eléctricos, puede encarecer aun más el subsidio y el costo del sistema de transporte de São Paulo, las tecnologías deben ser sustentables tanto del lado ambiental como financieramente” (Entrevista 20).

Las incertidumbres acerca de quién y cómo se va a pagar la cuenta de la implementación de estas nuevas tecnologías y especialmente de la infraestructura, también fueron manifestadas por el entrevistado de la *Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos* NTU: *“la preocupación fundamental es si hay sustentabilidad económica y financiera en el nuevo modelo de negocio. Los empresarios hacen las cuentas y de acuerdo al valor de la tecnología y de los costos del servicio, definen una tarifa técnica. Esta tarifa técnica en muchos casos es mayor a la tarifa que se le cobra al usuario, la diferencia la debe cubrir el poder público. Los empresarios no tienen total certeza de que las autoridades locales van a cumplir con los contratos, ya que en Brasil, el histórico cuenta que los contratos no son respetados y los operadores deben entrar en la justicia para solucionar estos conflictos y recibir su correspondiente remuneración”* (Entrevistado 12).

Estos cuestionamientos son totalmente válidos y responden en gran medida a la cultura de los operadores de flota, los cuales están familiarizados con un modelo de negocio basado en el diésel, esquemas de financiación ya consolidados y en la operación con buses de MCI, por lo cual crean grandes resistencias para que el proceso de transición hacia buses de baja emisión ocurra. De acuerdo con SPUrbanuss, *“algunos de los operadores no quieren ser pioneros y prefieren esperar a que la tecnología esté consolidada para hacer sus respectivas inversiones”* (Entrevistado 16).

En relación al modelo de remuneración, que ha sido manifestado como una de las grandes preocupaciones de los operadores, este fue modificado respecto al anterior modelo, y en la nueva propuesta, la remuneración será por el costo del servicio y no por pasajero transportado, donde la calidad del servicio y la satisfacción del usuario pasa a ser relevante en la remuneración⁸⁷. Este modelo considera una remuneración básica asociada al costo del

⁸⁷ El nuevo modelo de remuneración contemplado por la licitación contempla una serie de penalidades asociadas a: i) Desempeño: No cumplimiento de la flota de baja emisión y del número de viajes planeados; ii) Satisfacción del usuario: la evaluación del pasajero para ser parte del Índice de Calidad del Transporte IQT; iii) Demanda: no atender la demanda de pasajeros. Si un operador de flota pierde recursos asociados a estas penalidades, estos pueden ser recuperados por: satisfacción del usuario, reducción de accidentes, anticipación de energía limpia, reducción de fallas. Además, los operadores pueden ganar un “*bônus*” por productividad económica en caso de que consiga aumentar los ingresos con menores costos, es decir transportar un mayor número de pasajeros que pagan (no se tienen en cuenta los pasajeros que reciben subsidios) o reducir los costos programados sin dejar de lado la calidad (Entrevista 14, sector de remuneraciones SPTrans; (NETO, 2018).

servicio que incluye: salario de los conductores y cobradores; mantenimiento de la flota; mantenimiento del garaje; flota de reserva; combustible; inversiones de flota y equipos.

Las concesionarias serán remuneradas por la tecnología, lo que significa que debido a que la nueva tecnología tiene un costo superior al diésel, esta diferencia será repasada a los operadores en la remuneración por parte del gobierno local. Además, si las operadoras anticipan la incorporación de una flota con energía limpia en relación a los cronogramas propuestos, pueden recuperar parte de los ingresos (*receita*) perdidos por no cumplir con algunos de los requisitos de la operación, como atender los índices de demanda y desempeño.

Sin embargo, de acuerdo con el entrevistado 16 de SPUrbanuss, los operadores consideran que este incentivo no es suficiente para hacer una inversión de la magnitud que requiere la compra de buses de baja emisión y que actualmente no hay alternativas de financiamiento. Las condiciones financieras, relacionadas con tasas de interés y préstamos no reembolsables por parte del BNDES, FINAME y Refrota, no lo suficientemente atractivas para los operadores y se convierten en un verdadero “cuello de botella” para la implementación de estas tecnologías.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta en relación a las resistencias por parte de los operadores para implementar buses eléctricos y/o de baja emisión, es que en muchas ocasiones ellos son también dueños de empresas de autopartes, repuestos, piezas y combustible y se venden a ellos mismos estos insumos, basados en el modelo de negocio de buses a diésel. Además, también hay un importante mercado de reventa de buses a diésel para ciudades más pequeñas, una vez los buses cumplen el tiempo de vida útil determinado por la SPTrans. Estas ganancias adicionales, dejarían de existir en un modelo de negocios de buses eléctricos y/o de baja emisión.

Los operadores también tienen muchas incertidumbres relacionadas especialmente con la confiabilidad de los buses eléctricos a batería, que requieren condiciones especiales para la operación en São Paulo, principalmente por la autonomía de las baterías, el tiempo de recarga y la infraestructura necesaria para esto. Además, hay incertezas sobre la disponibilidad de la energía para el abastecimiento y el costo de la misma.

Frente a estos cuestionamientos, de acuerdo con el entrevistado 8 de la empresa distribuidora de energía de São Paulo, Eletropaulo: *“incluso si todos los 15.000 buses de São Paulo, fueran reemplazados por buses eléctricos, la empresa tiene toda la capacidad de*

energía y de potencia para atender esta demanda". Esto sucede principalmente porque las recargas serían realizadas en los garajes de las concesionarias entre las 22:00 horas y las 4:00 am, que son horarios que son considerados no pico y donde el sistema está ocioso.

Además, de acuerdo con estimaciones realizadas por el equipo de la SPTrans, el consumo de energía eléctrica por toda la flota del sistema de buses, es insignificante si se compara con la capacidad de producción nacional de energía, la cual es principalmente proveniente de fuentes renovables: *"solo serían necesarias 6 horas consecutivas de lo que la Hidroeléctrica de Capivara produce para abastecer a los buses eléctricos"*.

Así, la preocupación no es tanto con la producción de energía, sino con la logística de la distribución en los puntos de recarga de los garajes y en la necesidad de instalar sub-estaciones de energía (NETO, 2018). Frente a estos cuestionamientos la SPTrans junto con la Eletropaulo, que fue adquirida por la empresa multinacional ENEL en junio de 2018, están adelantando estudios conjuntos para determinar las acciones necesarias para garantizar la disponibilidad de energía en los garajes⁸⁸ donde serían cargados los buses eléctricos. Los resultados de estos estudios también determinarán el valor de la inversión en infraestructura que el municipio debe realizar y que se debe tener en cuenta en la remuneración a los operadores de flota.

Así, aunque aun no hay una red de infraestructura de recarga estructurada en São Paulo, la disponibilidad de abastecimiento de energía ya no debe ser vista como una barrera para la electrificación de la flota de buses de São Paulo, dejando atrás el mito de posibles "apagones" que podrían acontecer en la ciudad por causa de los buses eléctricos.

Finalmente, otra de las preocupaciones planteada por los operadores y por las empresas de buses del régimen, es en relación a la mano de obra, porque los mecánicos y técnicos actuales, no conseguirían atender los nuevos desafíos tecnológicos que imponen los buses eléctricos, que tienen mayor número de componentes electrónicos embarcados. En este sentido y de acuerdo con el entrevistado 10 de la SPTrans: *"tendrían que realizarse programas de formación y de capacitación para el personal que trabaja en las operadoras, implementar laboratorios de análisis y pruebas, que actualmente no existen en los garajes, lo que implica una alta inversión económica que los operadores no están dispuestos a realizar"*.

⁸⁸ De acuerdo con los datos proporcionados por el Equipo de la SPTrans, el municipio cuenta con 41 garajes distribuidos en toda la ciudad donde son estacionados los buses del sistema. Estos garajes fueron declarados como de "utilidad pública", lo que significa que si llega una concesionaria nueva que no tenga donde estacionar sus vehículos, puede hacer uso de los garajes que son del municipio.

Este es un grande desafío que debe ser en parte apoyado no solo por el gobierno local, sino a través de programas de capacitación tecnológica apoyado por entidades como el SENAI, universidades y centros de I&D especializados en ingeniería automotriz.

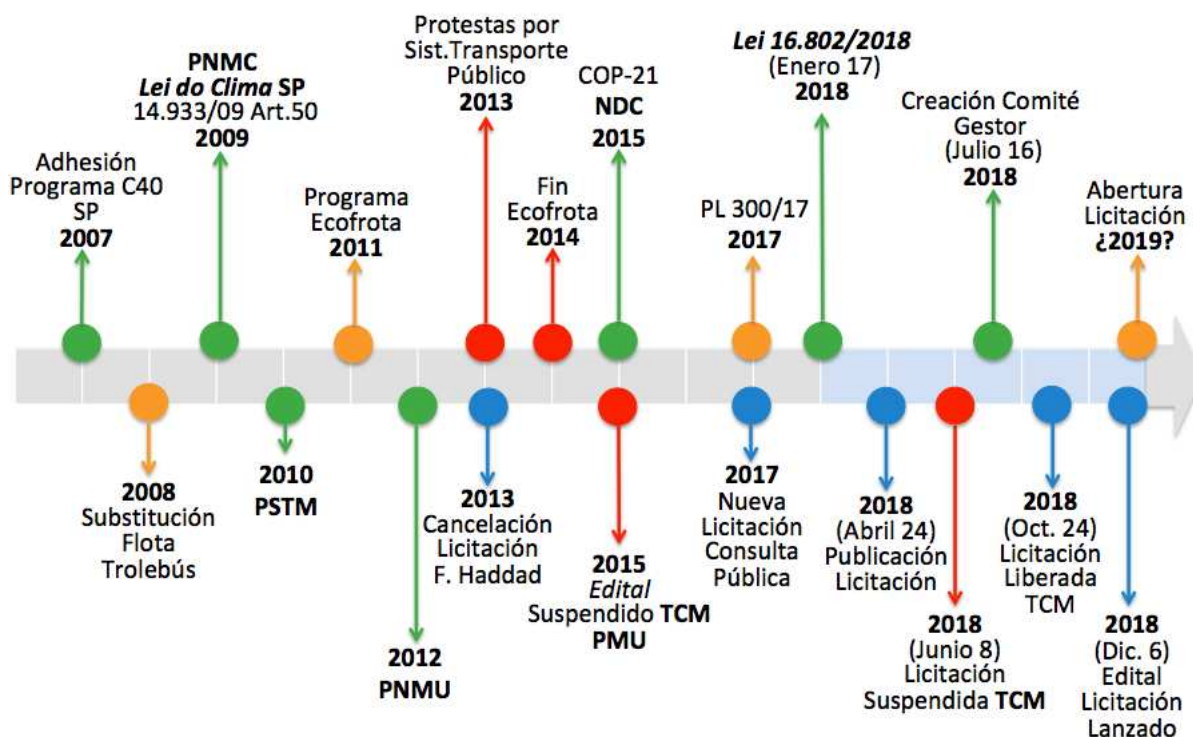
5.9 Conclusiones del Caso de Estudio de São Paulo

Una vez presentado el caso de São Paulo, es posible concluir que la ciudad ya presentaba antecedentes históricos en relación a la implementación de buses de baja emisión, específicamente en relación a los trolebús, que continúan siendo la tecnología de baja emisión más representativa del país. Además São Paulo ha sido líder en el país en la implementación de políticas medio ambientales y de movilidad.

Una de las políticas más representativas es la *Lei do Clima* (Lei 14.933/09), la cual definía diferentes acciones para promover la incorporación de una flota de transporte público renovable en la ciudad y la priorización del transporte público sobre el transporte individual. El artículo 50, establecía específicamente que para el año 2018, toda la flota de buses de la ciudad debería utilizar combustibles renovables no fósiles. Condiciones asociadas al régimen dominante basado en el *lock-in* del diésel y a los incipientes desarrollos de tecnologías de nicho de buses de baja emisión, impidieron su implementación, incluso a pesar de iniciativas y proyectos demostrativos como el Programa Ecofrota.

Además, el atraso en el proceso de licitación del sistema de transporte público colectivo de São Paulo, que impedía establecer metas contractuales obligatorias para los operadores, también ejercieron un papel determinante en el no cumplimiento de la ley. El proceso de intentar articular políticas ambientales con políticas de transporte y movilidad para estimular una transición hacia una movilidad de bajo carbono ha presentado grandes dificultades. En la siguiente figura se presenta la línea de tiempo del proceso de la licitación y de la *Lei do Clima* de São Paulo, además se señalan algunas fechas importantes en relación a la definición de políticas de movilidad y políticas ambientales, tanto a nivel nacional con local.

Figura 5.5 Línea de tiempo del Proceso de Licitación y de la *Lei do Clima* de São Paulo



Notas: *PNMC*: Política Nacional sobre Mudança do Clima; *PSTM*: Plano Setorial de Transporte e Mob. Urbana para mitigação e adaptação à mudança climática; *PNMU*: Política Nacional de Mobilidade Urbana; *NDC*: Contribuição Nacionalmente Determinada; *PMU*: Plano de Mobilidade Urbana; *TCM*: Tribunal de Contas do Município.

Fuente: Elaboración propia.

Analizando esta línea de tiempo, es posible identificar que el proceso de transición de implementar una movilidad de bajo carbono a través del estímulo de buses de baja emisión, es un “proceso dirigido”, y que no ocurre por casualidad. En este proceso participan actores heterogéneos con intereses y grados de poder diferente, que de alguna manera precisan llegar a un consenso en relación a las metas de reducción de emisiones por parte de la flota de buses urbanos.

La retomada del proceso de licitación y la necesidad de modificar el Artículo 50 de la *Lei do Clima*, estimularon un trabajo articulado y coherente entre políticas de movilidad y medio ambiente. Este trabajo conjunto permitió alinear un cronograma a 10 y 20 años de metas de emisión de CO₂ y contaminantes locales (NO_x, MP), considerados como los que más impactan en la calidad del aire y en la salud pública, el cual debe ser cumplido por la flota de transporte público colectivo en São Paulo.

Las metas de reducción de emisiones establecidas son ambiciosas y novedosas para una ciudad latinoamericana como São Paulo, que es la ciudad más poblada del país y cuenta con una de las mayores flotas de buses urbanos del mundo. La transición hacia una movilidad de bajo carbono, sería más que simbólica en el país y en el mundo en torno a la inserción de buses de baja emisión.

Este proceso se constituye en una “ventana de oportunidad” tanto para incorporar innovaciones de carácter incremental como buses híbridos y Euro VI, como innovaciones radicales asociadas al nicho de buses eléctricos. La licitación incorpora una visión de largo plazo, ya que el tiempo de la concesión será por 20 años, tiempo en el cual se espera que las innovaciones de nicho de buses de baja emisión evolucionen rápidamente y consigan solucionar los cuestionamientos actuales en relación a la autonomía, precio y desempeño en la operación urbana. Incluso este plazo puede ser importante para que las empresas nacionales, aprovechando sus capacidades de producción pueden dar una respuesta tecnológica de buses de baja emisión, que consigan cumplir con las metas de emisión definidas.

En este sentido, el proceso de la licitación y los futuros resultados en torno a las innovaciones de nicho seleccionadas para cumplir las metas de emisión, deberían evaluarse a la luz del grado de desarrollo de los nichos y si estos consiguen evolucionar hacia niveles de nutrición (*nurturing*) o empoderamiento (*empowerment*) y ser competitivos frente a los buses a diésel, sin necesidad de la protección del entorno de selección (SMITH; RAVEN, 2012).

Este proceso no fue simple, y no se dio de manera inmediata, como se evidencia en la línea de tiempo. Por el contrario, encontró una serie de obstáculos y resistencias, principalmente por parte de los operadores de flota y las empresas de buses del régimen, que quieren continuar en un modelo de negocio que privilegia el uso de buses a diésel. Por ejemplo, muchas de las propuestas realizadas en la consulta pública estaban relacionadas con la implementación de innovaciones incrementales como filtros catalizadores de partículas en los buses como alternativas de reducción de emisiones, soluciones que continuarían reforzando la inercia de la industria automovilística. Además, el proceso de licitación también fue suspendido varias veces por cuenta de los cuestionamientos hechos por el TCM, en relación a la viabilidad económica y la remuneración para los operadores y las concesionarias.

En este sentido, y tal como lo plantea Marletto, (2014) las coaliciones entre los “actores centrales” asociados al régimen socio-técnico principalmente los operadores de flota y las empresas de buses a diésel, están interesadas en mantener y reproducir el régimen dominantes, por lo cual han generado grandes resistencias para el cambio hacia un modelo de

negocio de buses de baja emisión, lo que en consecuencia ha ocasionado retrasos en la implementación de la licitación.

No obstante, tanto la modificación del Artículo 50 de la *Lei do Clima*, como la licitación consiguieron superar las resistencias y ya son una realidad. La definición de las metas de reducción a 10 y 20 años ya están reglamentadas y se tienen que cumplir por ley. La licitación finalmente fue publicada en Diciembre de 2018 y se espera que en el 2019 sea adjudicada. A partir de este momento, el proceso está en manos de los operadores quienes son los que deben determinar cuáles son las alternativas de buses de baja emisión que cumplen con las metas establecidas. El Comité Gestor de *Acompanhamento da substituição de frota por alternativas mais limpas*, ejercerá un papel clave para el cumplimiento de las metas de emisión y para garantizar que no ocurra lo mismo que con la anterior *Lei do Clima*, la cual no fue cumplida y no hubo sanciones ni responsables por esto.

Otro punto interesante de la licitación es que dentro de las alternativas propuestas, se tuvieron en cuenta no solo tecnologías de tracción eléctrica, sino también combustibles alternativos como los biocombustibles, considerando así las capacidades que tiene el país en la producción de este tipo de combustibles y en la existencia de una agenda política de estímulo a los mismos, tal y como fue planteado en el Panorama Socio-Técnico.

En este sentido la licitación está alineada a las características del contexto geográfico de Brasil y a diferentes políticas a nivel internacional, cuyos programas no determinan una tecnología específica, por ejemplo eléctrica o híbrida, pero sí definen que deben ser de baja emisión o de bajo carbono. Un ejemplo de esto es el programa del Gobierno Chino denominado “*New Energy Vehicles*”, el cual promueve incentivos para vehículos movidos con tecnologías de baja emisión.

Finalmente, el hecho de que este proceso se esté dando en São Paulo, reafirma que las ciudades son protagonistas en los procesos de transición hacia una movilidad de bajo carbono. Además, debido a la representatividad de São Paulo, el resultado de este proceso podrá servir de ejemplo, para implementar procesos similares en otras ciudades brasileñas e incluso a nivel internacional. De hecho, ciudades como Campinas, Belo Horizonte, están incorporando en sus próximas licitaciones, metas de emisión de contaminantes locales y de CO₂ que deben ser cumplidas por la nueva flota de buses urbanos.

CAPÍTULO 6 . CONCLUSIONES

6.1 Introducción

Una vez analizados los aspectos del Paisaje Socio-Técnico, Régimen Socio-Técnico, Innovaciones de Nicho y el Caso de Estudio de São Paulo, en función del proceso de Transición Socio-Técnica hacia una Movilidad de Bajo Carbono, este capítulo resume las principales conclusiones de este proceso para el caso de Brasil.

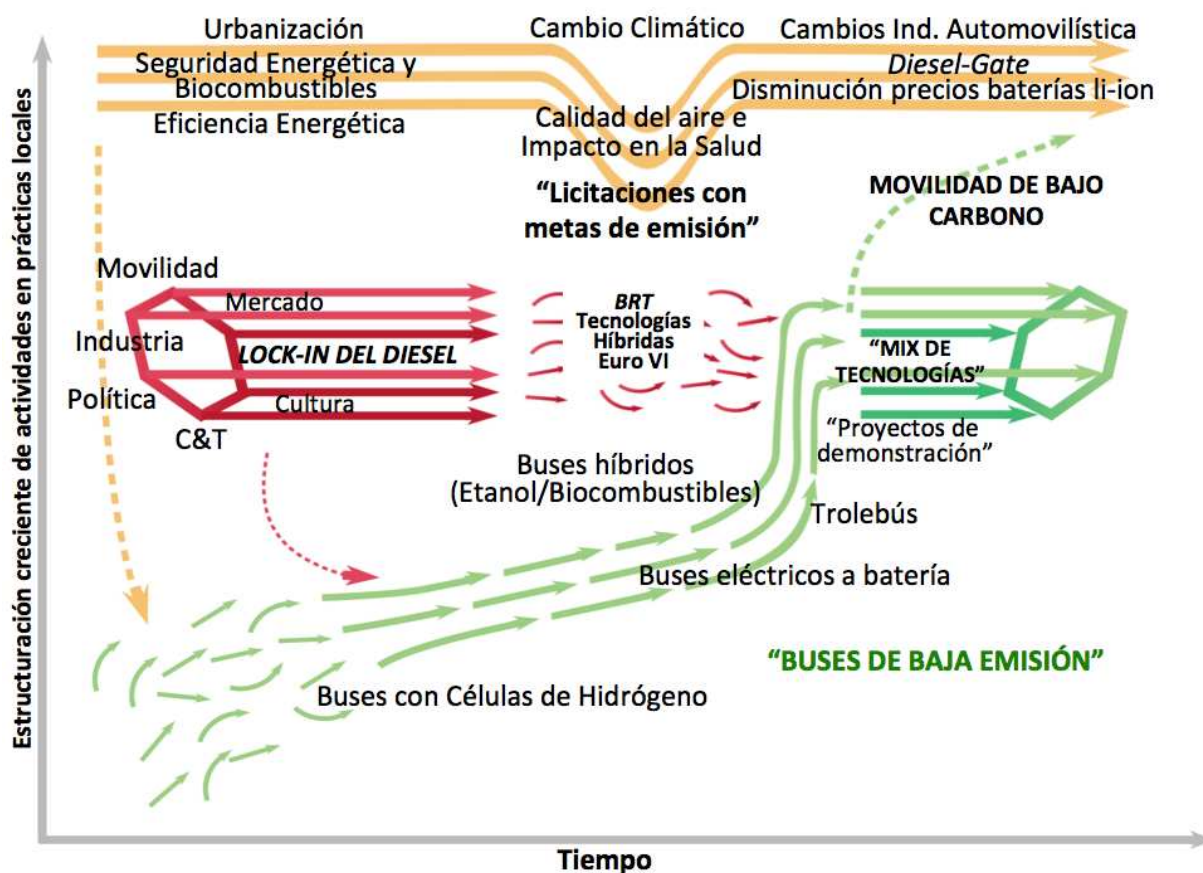
En la primera parte describe cómo se está dando el proceso de transición, siguiendo la propuesta de Tipología de Transiciones Socio-Técnicas de Geels; Schot, (2007). A partir de la definición de esta tipología, se validan las hipótesis propuestas en la investigación en relación al papel estratégico de las ciudades a la incorporación de un “mix de tecnologías” de buses de baja emisión.

Posteriormente, se identifican las oportunidades y desafíos asociados a la implementación de los buses de baja emisión en el proceso de transición socio-técnica hacia una movilidad de bajo carbono y algunas posibles alternativas para superar estos desafíos, por ejemplo, a partir de la implementación de recomendaciones de política pública. Finalmente, se plantean algunas propuestas de estudios futuros que pueden contribuir a mejorar la aplicación del marco analítico-conceptual de la Perspectiva Multi-Nivel, especialmente para el caso de países en desarrollo.

6.2 Tipología de la Transición Socio-Técnica hacia una movilidad de bajo carbono en Brasil

Siguiendo el análisis de Geels; Schot, (2007), un proceso de transición socio-técnica, combina el momento (*timing*) de las interacciones, que hace referencia a los diferentes momentos en que se relacionan los tres niveles de análisis, con la naturaleza de las interacciones, que hace referencia a cómo es la relación entre los tres niveles de análisis. En la siguiente figura se representa el proceso de transición socio-técnica de una movilidad de bajo carbono para Brasil.

Figura 6.1 Transición Socio-Técnica hacia una Movilidad de Bajo Carbono en Brasil



Fuente: Elaboración propia a partir de (GEELS, 2002).

En el proceso de transición hacia una movilidad de bajo carbono en Brasil, aunque hay factores asociados al Panorama Socio-Técnico de carácter mundial como el cambio climático, calidad del aire y su impacto en la salud, y una reconfiguración estratégica de la industria automovilística, principalmente en relación al control de las emisiones, el grado de presión de estos factores no es lo suficientemente fuerte en Brasil como para modificar el régimen socio-técnico dominante, ni para estimular las innovaciones de nicho de baja emisión.

Estos factores no consiguen generar cambios radicales en el régimen dominante caracterizado por un *lock-in* del diésel y la industria solo responde con innovaciones de carácter incremental sobre la misma base tecnológica del MCI. Las políticas nacionales de eficiencia energética y control de emisiones, como el programa *Inovar Auto*, los Padrones de Calidad de Aire del CONAMA y el PROCONVE, contribuyen a reforzar la inercia de la

industria automovilística, al imponer metas tímidas y desfasadas de la legislación internacional.

En relación a las innovaciones de nicho asociadas a los buses de baja emisión, están no están lo suficientemente desarrolladas y corresponden principalmente a proyectos de demostración y proyectos piloto de baja escala, liderados por actores de nicho de carácter heterogéneo como Universidades, Centros de I&D, empresas de buses de baja emisión, empresas de energía eléctrica, empresas de componentes y autopartes y gobiernos locales. El objetivo principal de estos proyectos es aprender sobre las diferentes tecnologías y testar su desempeño en ambientes controlados. Aunque estos proyectos se consideran como “ventanas de oportunidad” aun no están lo suficientemente consolidados como para mudar el régimen socio-técnico dominante.

De acuerdo a este comportamiento, y siguiendo el análisis de Geels; Schot, (2007), el proceso de transición hacia una movilidad de bajo carbono estaría siguiendo una trayectoria de transformación, con algunas innovaciones de carácter incremental que acontecen a nivel del régimen.

Sin embargo, el proceso de Licitación del Sistema de Transporte Público de São Paulo, considerado como un elemento asociado al Panorama Socio-Técnico, está logrando ejercer una presión importante tanto a nivel del régimen como de nicho, al establecer metas de reducción de emisiones más exigentes y de obligatorio cumplimiento por parte de la nueva flota de buses urbanos. El Proceso de Licitación al estar alineado con la Política Ambiental del Municipio (Lei No. 16.802/18), consigue reforzar la necesidad de cumplir con estas metas de emisión, como una solución no solo para mitigar el impacto de las emisiones de GEI y contaminantes locales, sino como una alternativa para mejorar la movilidad urbana a través de la priorización del transporte público sobre el transporte individual.

En este sentido, además de la trayectoria de transformación, estas políticas articuladas de carácter local, pueden ser consideradas como una tipología de “cambios disruptivos”, al definir metas de reducción de emisiones de obligatorio cumplimiento. La presión ejercida por la licitación puede estimular verdaderamente la incorporación de buses de baja emisión, y a largo plazo modificar las características del régimen socio-técnico de la movilidad urbana, no solo en São Paulo, sino que pueden reflejarse en todo Brasil.

Así, la tipología del proceso de transición socio-técnica en el caso de Brasil, sigue una combinación de la trayectoria de transformación y de cambios disruptivos (GEELS; SCHOT, 2007). Sin embargo, como es una “transición en proceso” y aun no consolidada, existen muchas incertidumbres sobre cuál va a ser el resultado final y si las políticas ambientales y establecidas en la licitación, van a conseguir por si solas promover la inserción de buses de baja emisión en el sistema de movilidad urbana, o si los intereses de los actores del régimen van a ser más fuertes. Esta es una cuestión que deberá ser analizada una vez que la licitación sea adjudicada y los operadores de flota definan cuáles son las tecnologías que van a implementar para cumplir con los requisitos de las metas de reducción de emisiones.

6.3 Validación de las hipótesis de la investigación

Una vez caracterizado el proceso de transición socio-técnica hacia una movilidad de bajo carbono y la relevancia del papel de políticas de baja emisión de carácter local, se evidencia que las ciudades y particularmente los gobiernos locales, son fundamentales para estimular este tipo de procesos de transición. Los gobiernos locales son los encargados de planear y ejecutar la política de movilidad urbana y organizar y prestar los servicios de transporte público colectivo, adoptando patrones para el control de la contaminación ambiental y sonora, por lo cual tienen toda la gobernanza para promover una transición hacia una movilidad de bajo carbono.

Las ciudades se convierten en una especie de laboratorio para el fomento de este tipo de tecnologías, donde es necesario tener en cuenta las características específicas de cada tecnología y los beneficios asociados con su implementación, especialmente en el medio ambiente, salud y movilidad. Las ciudades ya no se analizan como elementos estáticos, sino que se convierten en un elemento importante para promover las transiciones hacia la sustentabilidad.

El papel de las ciudades toma mayor relevancia cuando es realizado por una ciudad como São Paulo, que tiene una gran representatividad, no solo en Brasil sino en el mundo. Un proceso de licitación de la magnitud de la ciudad de São Paulo, que implica la renovación de una flota de aproximadamente 15.000 buses, es una oportunidad clara y específica para que las iniciativas asociadas a los nichos de baja emisión, dejen de ser solo proyectos y se constituyan en una verdadera “ventana de oportunidad” para promover el proceso de transición hacia una movilidad de bajo carbono en Brasil.

Siguiendo lo planteado por Geels (2011b), São Paulo puede desempeñar un papel protagonista en los procesos de transición nacional de movilidad urbana, principalmente por el poder del gobierno local en organizar el sistema de transporte público, y de definir metas de reducción de emisión por parte de los mismos. Sin embargo, aspectos como el financiamiento de los buses de baja emisión, deben ser acompañados por políticas de carácter nacional.

Teniendo en cuenta estos argumentos, **se valida la Hipótesis 1 de la investigación**: Las políticas locales de transporte público, movilidad urbana y medio ambiente lideradas por las ciudades, se constituyen en un actor fundamental para direccionar procesos de transición socio-técnica hacia un sistema de movilidad de bajo carbono en Brasil.

El caso de la Licitación de São Paulo, ya está presentando avances interesantes, específicamente con el proyecto de incorporación de una flota de buses eléctricos a batería de la empresa BYD, los cuales serán operados por la empresa Transwolff. Estos buses operarán en la línea 6030/10 Unisa-Campus 1/Terminal Santo Amaro, cuyo trayecto es de alta carga de pasajeros y presenta distintas pendientes en las vías, lo que va a exigir bastante de los vehículos. Este proyecto piloto permitirá analizar la operación de los buses eléctricos, su autonomía y los costos de mantenimiento. Además, la energía para la recarga de los vehículos será a partir de placas solares fotovoltaicas, las cuales fueron instaladas en una hacienda en Araçatuba, en el interior de São Paulo (DIÁRIO DO TRANSPORTE, 2018d).

El proceso de licitación de São Paulo, está siendo observado y analizado de cerca por otras ciudades de Brasil como Campinas, Belo Horizonte, *Niterói*, entre otras, que ya están contemplando imponer metas de reducción de emisiones en las próximas licitaciones del sistema de transporte público colectivo. El caso de la licitación de São Paulo, también es representativo a nivel internacional e incluso está siendo acompañado de cerca por las empresas de buses, tanto de nicho como de régimen, las cuáles están trabajando en proyectos de diseño de buses de baja emisión, que consigan atender a las características de la operación de São Paulo y las metas de reducción de emisiones establecidas.

Es importante resaltar que el proceso de transición hacia una movilidad de bajo carbono, no se soluciona simplemente con la compra de un “artefacto tecnológico”, en este caso los buses de baja emisión. Por el contrario, implica una serie de acuerdos y consensos relacionadas con la gobernanza de los actores, y que en el caso particular del sistema de transporte, van desde los operadores de flota, tomadores de decisión política, bancos de financiamiento, empresas de buses (tanto del régimen como del nicho), empresas

distribuidoras de energía y especialmente los usuarios que son los que se van a beneficiar directamente de un transporte público de baja emisión y de calidad.

Así, no es suficiente con la implementación de “innovaciones tecnológicas” como los buses de baja emisión para promover la transición hacia una movilidad de bajo carbono. Estas innovaciones se deben complementar con “innovaciones no tecnológicas”, como los *BRT* y la implementación de carriles exclusivos, para priorizar el transporte público sobre el transporte individual, con el fin de mejorar la calidad del servicio y la velocidad de los viajes. Esto contribuirá a que los usuarios dejen el carro particular en casa y opten por un transporte público de baja emisión, bajo ruido y de mayor calidad.

En relación a la segunda hipótesis, las características propias del territorio brasileiro, sus condiciones económicas, políticas y de desarrollo tecnológico, son únicas y no es posible definir por anticipado una sola opción tecnológica relacionada con los buses de baja emisión. Además, en el caso de Brasil existe una clara agenda política relacionada con el estímulo a los biocombustibles, razón por la cual, buses de baja emisión que utilicen este tipo de combustibles alternativos, también deben considerarse como una alternativa para la reducción de las emisiones de GEI.

En este sentido y siguiendo lo planteado por la Gestión Estratégica de Nichos de Innovación, es posible incorporar una variedad de opciones tecnológicas que, en lugar de definir una sola estrategia “dominante” de introducción en el mercado, permitan la incorporación de una variedad de opciones tecnológicas y exploración de esas opciones tecnológicas, que en este caso sería un “mix de tecnologías” asociadas a los buses de baja emisión.

Estas opciones pueden surgir tanto de innovaciones de nicho y de proyectos de demostración, como de soluciones que hacen para del régimen socio-técnico dominante como por ejemplo de la normatividad Euro VI para diésel y tecnologías híbridas que continúan usando tecnologías con MCI. También deben considerarse alternativas tecnológicas como los buses híbridos eléctricos a etanol, donde se incorporarían características asociadas tanto a los nichos de innovación, como a las capacidades ya existentes en Brasil en relación al uso de biocombustibles en la industria automovilística, tal como aconteció con los motores *flex-fuel*. Proyectos como los adelantados por Itaipu y por la UFRJ, relacionados con buses híbridos eléctricos a etanol, y el prototipo en el que está trabajando la empresa MAN-VW pueden sentar las bases para una producción a mayor escala en este tipo de tecnología.

Para el caso de Brasil no existe, por el momento, una sola tecnología o “diseño dominante” que consiga modificar el régimen socio-técnico de la movilidad urbana, ya que por la misma seguridad de la operación del sistema, no se puede depender de una sola tecnología, ya sea híbrida o eléctrica o incluso a diésel, pues si se presenta alguna falla de la misma, la afectación en la movilidad sería mayúscula, principalmente en una ciudad de las dimensiones de São Paulo. Esto quedó evidenciado en la propuesta de la licitación de transporte público, que no definió una sola tecnología, sino que permitió la implementación de un conjunto de alternativas tecnológicas, las cuales deben cumplir con los objetivos de reducción de emisiones.

Así, en Brasil, las características de su territorio y de su contexto socio-económico determinan que no hay un único “diseño dominante” y que por el contrario, existe un conjunto de innovaciones de nicho o “mix de tecnologías” asociadas a los buses de baja emisión, que pueden mudar en el largo plazo el régimen socio-técnico de la movilidad urbana y del transporte urbano, por lo cual **se valida la Hipótesis 2 de la investigación.**

La validación de las dos hipótesis de la investigación incorporan la importancia del análisis de la Perspectiva Territorial, que como fue presentado en el capítulo del marco analítico-conceptual había sido descuidada por los estudios de Transición. El caso de Brasil es único, y no puede seguir las mismas estrategias implementadas en casos como el Europeo o el de la China, que es emblemático. El contexto socio-espacial es clave, tanto por la importancia de las ciudades en los procesos de transición, como por la implementación de tecnologías que aprovechen las capacidades nacionales en biocombustibles. Este proceso debe ser acompañado por innovaciones no tecnológicas como los BRT que son precisamente de origen brasileño y se han constituido en una solución económica (en comparación al metro o al tren) para solucionar problemas de movilidad en ciudades de países en desarrollo.

6.4 Oportunidades y desafíos asociados a la inserción de buses de baja emisión en Brasil

Finalmente, una vez validadas las hipótesis, en esta sección se presentan las principales oportunidades y desafíos asociados a la inserción del nicho de los buses de baja emisión en Brasil y su contribución hacia un sistema de movilidad de bajo carbono en Brasil. También se plantean algunas recomendaciones de política pública para superar los desafíos identificados.

La principal barrera para la implementación de los buses de baja emisión, es que estos tienen un costo de adquisición mayor en comparación con un bus a diésel. En el caso de los buses eléctricos a batería y buses eléctricos *plug-in*, estos son en promedio un 30% más costosos que los buses movidos con combustibles fósiles como Diésel y Gasolina (ZEEUS, 2017). Un bus eléctrico a batería puede costar alrededor de € 300.000 a € 500.000, dependiendo de sus especificaciones, una brecha de costo significativa en relación a los buses movidos a diesel, los cuales suelen costar entre € 200.000 a € 250.000 (BAKKER; KONINGS, 2017).

Los costos adicionales están relacionados a valor de las baterías, a los costos de integración al sistema y a que la producción de este tipo de buses tiene baja escala de producción. Sin embargo, a largo plazo el Costo Total de Propiedad (*TCO Total Cost of Ownership*)⁸⁹ es menor en relación a los buses convencionales a diésel, debido básicamente a los bajos costos de mantenimiento que tiene un bus eléctrico (BAKKER; KONINGS, 2017). Para el caso de los trolebús, su costo es mayor debido a que se debe tener en cuenta los costos de mantenimiento de la red eléctrica.

Para superar este desafío existen modelos de licenciamiento de buses eléctricos a batería y de *leasing de batería*, que como ya fue explicado podrían reducir hasta en un 60% el valor de la inversión inicial. Con un modelo de leasing la responsabilidad queda en manos de los fabricantes de buses de baja emisión y contribuiría a disminuir la incerteza por parte de los operadores frente a la tecnología. Otra opción para superar este desafío es que los municipios consigan hacer una compra masiva⁹⁰ de este tipo de tecnologías, con el fin de obtener un descuento por parte de los fabricantes de este tipo de buses.

En el caso de los buses que utilizan biocombustibles, aunque su costo total de propiedad (TCO) es equiparable a los buses a diésel, proyectos pilotos en São Paulo demostraron que el rendimiento de biocombustibles como el diésel de caña de azúcar, biodiesel y biometano, es menor en comparación a los buses a diésel, lo que incrementa los costos de abastecimiento, además de que no hay disponibilidad suficiente de los mismos para atender la demanda. Para superar este desafío, políticas nacionales como *RenovaBio* y el *Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Energias Renováveis e Biocombustíveis*,

⁸⁹ El Costo Total de Propiedad (TCO) es una herramienta que tiene como objetivo comprender el verdadero costo de comprar un bien o servicio. Ayuda a las empresas y a los consumidores a evaluar los costos directos e indirectos asociados a una compra. El TCO es importante, ya que el precio de compra de la mayoría de los bienes de capital no es el único costo asociado con su uso y propiedad (HAGMAN et al., 2016).

⁹⁰ Esta fue una de las estrategias que utilizó el Gobierno de Chile, para la compra de buses eléctricos a batería para el sistema BRT Transantiago.

plantean estímulos a la I&D en biocombustibles con énfasis en mejorar la eficiencia en el uso y en la producción.

La segunda barrera para la implementación de los buses de baja emisión, es que en Brasil, las líneas de financiamiento actual para la compra de buses, como Refrota, Finame, Fundo Clima-BNDES, son poco atractivas y no cuentan con tasas de interés y plazos especiales para este tipo de tecnologías. Una de las propuestas para estimular la compra de buses de baja emisión, específicamente buses eléctricos, es que los agentes financieros, como por ejemplo la *Caixa Econômica*, exijan un porcentaje de buses eléctricos para financiar la compra de buses a los operadores de flota⁹¹.

Además, también hay ausencia de políticas de estímulo a la compra y de financiamiento de estos buses por parte de los gobiernos locales, como por ejemplo a través de subsidios y exención de impuestos. Estos estímulos se pueden justificar por los ahorros futuros en relación a los costos de la salud evitados por causa de la contaminación atmosférica local.

Una recomendación de política pública que puede contribuir a superar los desafíos asociados a los costos iniciales de adquisición de los buses de baja emisión es: “*Establecer líneas de financiamiento especial para la compra de buses de baja emisión, para el establecimiento de la infraestructura de recarga y para la implementación de nuevos modelos de negocios (Leasing de Batería)*”⁹². También sería importante estimular el acceso a préstamos no reembolsables a nivel internacional con la banca multilateral como el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo BID.

La tercera barrera identificada para la implementación de buses de baja emisión, principalmente buses eléctricos a batería es la incerteza por parte de los operadores de flota frente a esta nueva tecnología. Las principales dudas están relacionadas con la autonomía de los vehículos, infraestructura de recarga y costo de la energía en comparación al diésel.

En relación a la autonomía, diferentes proyectos piloto han demostrado que los buses eléctricos a baterías consiguen una autonomía de 250 km que es suficiente para la operación diaria en trayectos urbanos. Además al ser usado en trayectos previamente definidos, es posible establecer las condiciones del viaje e identificar si es necesario realizar

⁹¹ Esta fue una acción bastante enfatizada por el Entrevistado 11 de la *Secretaria de Estado de Mobilidade do Distrito Federal*.

⁹² Esta recomendación de política pública fue contemplada en el *Plano Nacional de Eletromobilidade para Brasil*.

recargas de oportunidad durante el recorrido. También es importante capacitar a los motoristas de los buses en sistemas de conducción eficiente para aprovechar el uso del freno regenerativo para recargar la batería.

Los problemas de infraestructura están asociados a que aún no existe una red de recarga consolidada para los buses eléctricos y se requiere de una infraestructura especial en los garajes para instalar sub-estaciones de energía. El papel de las empresas distribuidoras de energía es esencial para determinar si hay necesidad de hacer adecuaciones adicionales para garantizar la disponibilidad de energía.

Además, hay incerteza en relación a cuánto costará la energía eléctrica para abastecer estos buses. En respuesta a este desafío, proyectos piloto han demostrado que es posible aprovechar los horarios no pico para hacer la recarga de los buses por ejemplo entre las 22:00 horas hasta las 4:00 donde la tarifa es más baja, como en el caso de São Paulo. De manera similar a como se hace con el diésel, una recomendación de política pública consiste en: *“Definir una tarifa de energía eléctrica especial (o subsidiada), cuando esta es usada para el abastecimiento de buses eléctricos para el transporte público”*. Esta política podría ser liderada por la ANEEL.

Otra alternativa es realizar proyectos piloto para implementar estaciones de recarga con energía solar-fotovoltaica en los garajes de las operadoras de flota. Estos garajes cuentan con un área extensa la cual se podría aprovechar para instalar paneles solares. La energía generada podría incluso aprovecharse para abastecer otras necesidades de la empresa y vender la energía que sobra a la empresa de energía. Proyectos como el liderado por la UFSC han demostrado que es posible hacer las recargas de los buses eléctricos utilizando únicamente energía solar fotovoltaica.

En relación a la disponibilidad de energía para recargar los buses eléctricos, Brasil cuenta con una matriz energética y eléctrica basada en energías renovables que garantizan la disponibilidad suficiente de energía para abastecer este tipo de buses. El temor por posibles “apagones” por causa del abastecimiento de los buses eléctricos, es un mito.

Finalmente, una de las barreras identificadas es que muchos de los operadores de flota una vez termina la vida útil de un bus a diésel, este es revendido a ciudades más pequeñas cuyas exigencias ambientales son menores. Como la vida útil de un bus a batería es de 15 años, su costo de adquisición solo se logra amortizar en el total de la vida útil. Por esta razón, los operadores se verán en la necesidad de permanecer más tiempo con este tipo de buses y no podrán venderlo a ciudades más pequeñas, principalmente porque estas no tendrán la capacidad económica y financiera para adquirir buses de baja emisión. Una posible solución a este desafío es que los mecanismos de remuneración asociados a las licitaciones sean lo suficiente atractivos y consigan asegurar la viabilidad económica y financiera de las operadoras.

Con relación a las oportunidades, Brasil tiene tres empresas de buses de baja emisión de nicho: Eletra, BYD y Volvo que cuentan con plantas de producción local y tendrían la capacidad productiva para atender un eventual aumento de la demanda. Empresas del régimen como MAN-VW y Mercedes Benz están adelantando proyectos de ingeniería en buses de baja emisión, para atender la demanda de la Licitación de São Paulo. En este sentido, la licitación también tiene potencial de estimular el desarrollo tecnológico local.

Además hay una red de empresas de autopartes y de componentes que pueden apoyar la producción local de este tipo de buses como empresas de chasis, carrocerías, motores eléctricos e integradoras de sistemas de tracción eléctrica. El único componente del cual no hay producción local son las células de litio para las baterías, el cual sería el único cuello de botella para la fabricación de buses de baja emisión totalmente nacionales. Frente a este desafío, la empresa Baterías Moura, ya abrió una nueva línea de negocio enfocada en baterías de litio y la empresa BYD planea inaugurar una fábrica de montaje de baterías en *Manaus*. Si se consigue nacionalizar la producción de baterías, empresas como BYD podrían aumentar el porcentaje de contenido local y así sus buses eléctricos podrían hacer parte de los bienes financiados por entidades como el BNDES.

Otra oportunidad interesante relacionada con la producción de células de batería de litio a nivel nacional, fue el de la empresa *Codemig Participações (Codepar)*, subsidiaria de la *Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (Codemge)*, la cual compró el 10% de la *start-up* británica *Oxis Energy*, especializada en la producción de baterías de litio-azufre (Li-S). La perspectiva es que se instale una fábrica de producción de baterías de litio en Minas Gerais, la cual iniciará sus operaciones en el primer semestre de 2020. *Codepar*, también compró el 33% de la *Companhia Brasileira de Lítio (CBL)*, con lo cual se garantiza la

disponibilidad de la materia prima para la producción de este tipo de baterías (SIAMIG, 2018). Estudios futuros deberían investigar sobre el proceso de reciclaje y descarte final de este tipo de baterías.

Políticas como el *Programa Rota 2030 Mobilidade e Logística*, pueden ser importantes para estimular líneas de producción local de buses de baja emisión y fabricación de componentes, no solo para abastecer el mercado interno, el cual es uno de los más grandes del mundo, sino también para aumentar su competitividad en mercados regionales que ya están exigiendo este tipo de tecnologías, incluidos los buses con tecnologías de motor Euro VI.

En este sentido, una recomendación de política pública es: *“Estímulo a la producción local de buses de baja emisión por medio de llamadas estratégicas y proyectos de I&D”*. Para esto es importante establecer llamadas estratégicas, lideradas por entidades como a ANEEL, FINEP y el MCTIC. Estas llamadas estratégicas deben contemplar el desarrollo de prototipos nacionales que utilicen tecnologías híbridas eléctricas como “motores flex-fuel” con biocombustibles y la articulación con otras fuentes energéticas renovables como energía solar fotovoltaica para sistemas de recarga y retomar proyectos de I&D de fabricación de buses con células de hidrógeno, que fueron desactivados por falta de recursos para su implementación a gran escala.

En relación a las proyectos de demostración, tal como fue evidenciado en el capítulo de las innovaciones de nicho, en Brasil se han adelantado diferentes de proyectos de I&D y de demostración que han permitido conocer diferentes opciones tecnológicas de buses de baja emisión. Sin embargo, estos proyectos aun no consiguen la escala necesaria para modificar el régimen socio-técnico dominante. En este sentido es importante aprovechar los conocimientos adquiridos por parte de los actores participantes para ampliar el alcance de los proyectos. La recomendación de política pública propuesta es: *“Ampliación de proyectos de demostración en flotas de transporte público colectivo”*.

Estos proyectos de demostración deben continuar articulando actores por medio de alianzas estratégicas entre gobiernos locales, empresas de energía eléctrica, empresas de fabricación de buses y de componentes, universidades, Centros de I&D, entidades de financiamiento, y entidades del gobierno estadual y federal. Estos proyectos de demostración también deben incorporar un análisis de la planeación de los trayectos más estratégicos para incorporar este tipo de buses de baja emisión, como por ejemplo en corredores exclusivos para mejorar la eficiencia y la definición de los puntos de recarga, ya sea en los garajes de las

empresas operadoras o a través de recargas de oportunidad en los terminales de buses urbanos.

Finalmente, y una vez analizado el caso de la Licitación de São Paulo, se evidencia que las licitaciones de los sistemas de transporte público colectivo también se constituyen en una gran oportunidad para estimular la incorporación de buses de baja emisión. Así, una recomendación de política pública es: *“Implementar metas de emisión de contaminantes o porcentajes de flota limpia (baja emisión) en las licitaciones de transporte público colectivo”*. Las licitaciones pueden complementarse con proyectos como Zonas de Baja Emisión en los centros de las ciudades donde solo puedan operar buses de baja o cero emisión.

6.5 Estudios futuros

La utilización del marco analítico-conceptual de las Transiciones hacia la Sustentabilidad y específicamente de la Perspectiva Multi-Nivel (MLP), permitieron analizar el objeto de estudio de los buses de baja emisión, desde un enfoque multidisciplinar, contemplando no solo aspectos económicos o tecnológicos, sino también de carácter social, ambiental y cultural.

Aunque la aplicación de la MLP, en países en desarrollo es una línea de investigación en crecimiento, los resultados de esta tesis revelan que las características no solo del territorio, sino del contexto socio-económico y cultural de Brasil, son determinantes para impulsar o frenar los procesos de transición. Esto fue evidente en los tres niveles de análisis: Panorama Socio-Técnico, Régimen Socio-Técnico e Innovaciones de Nicho, los cuales a pesar de que contemplen el análisis de factores como el cambio climático y la calidad del aire, como se hace para el caso de países desarrollados, las políticas implementadas a nivel nacional son tímidas y no consiguen ejercer la suficiente presión para generar mudanzas radicales tanto a nivel de régimen como de nicho.

En este sentido, estudios futuros podrían comparar cómo la influencia de aspectos territoriales y de carácter institucional y/o de gobernanza (tanto a nivel de Panorama como de Régimen), pueden tener resultados diferentes en los procesos de transición del sistema socio-técnico de la movilidad urbana. Estos estudios pueden realizarse entre países desarrollados y países en desarrollo, o incluso entre países latinoamericanos. Por ejemplo, sería interesante comparar el caso brasileño con el chileno, país que se convirtió en referencia internacional

gracias a la incorporación de 200 buses eléctricos a batería en el BRT de Transantiago. Además, también se podría realizar un análisis comparativo de la actuación de las empresas multinacionales de buses urbanos y de empresas de energía eléctrica en países latinoamericanos, en relación a las estrategias de estímulo de la movilidad eléctrica en el transporte público.

En relación a las innovaciones de nicho de los buses de baja emisión, estudios futuros pueden analizar en profundidad los diferentes grados de desarrollo de los nichos y de proyectos de demostración en Brasil. Por ejemplo, siguiendo el trabajo de Smith; Raven, (2012), estos nichos y proyectos podrían caracterizarse como espacios protegidos, nutridos o empoderados. Además, valdría la pena analizar en profundidad por qué proyectos de demostración, como el Programa Ecofrota no continuaron adelante y otros perdieron apoyo en su expansión, como es el caso de los Trolebús.

Otro estudio futuro que puede ser interesante consiste en el acompañamiento de los resultados del Proceso de Licitación del Sistema de Transporte Público en São Paulo, analizando cuáles fueron las tecnologías o conjunto de tecnologías que van a implementarse para cumplir con las metas de emisión de contaminantes y su desempeño operacional y ambiental. En este sentido también es importante contemplar estudios de satisfacción de los usuarios por el uso de los buses de baja emisión.

Finalmente, es importante resaltar que la incorporación de buses de baja emisión presenta un conjunto de oportunidades y desafíos aun por resolver, los cuáles contribuyen a la transición hacia una movilidad de bajo carbono. Sin embargo, los buses son solo uno de los componentes de la movilidad urbana, estudios futuros podría analizar la complementariedad con otros regímenes subalternos como el transporte activo (bicicletas/caminada) y la intermodalidad con otros sistemas de transporte público colectivo (metro/tren/VLT).

REFERENCIAS

- ABVE (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO). **Nossos Associados – ABVE**. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/nossos-associados/>>. Acesso em: 19 nov. 2018a.
- ABVE (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO). **Frente apoiará veículos elétricos no Congresso**. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/frente-apoiara-veiculos-eletricos-no-congresso/>>. Acesso em: 19 nov. 2018b.
- ÅHMAN, M. Government policy and the development of electric vehicles in Japan. **Energy Policy**, v. 34, n. 4, p. 433–443, 2006.
- AJANOVIC, A. Promoting environmentally benign electric vehicles. **Energy Procedia**, v. 57, p. 807–816, 2014.
- ALMEIDA, G. M. DE. **Programa Inovar Auto: Atendimento das metas de eficiência energética e suas externalidades**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2018.
- ANDERSEN, O.; UPHAM, P.; AALL, C. Technological response options after the VW diesel scandal: Implications for engine CO₂ emissions. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 7, p. 1–18, 2018.
- ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). **Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica/-/asset_publisher/94kK2bHDLPMo/content/apresentacoes-em-eventos/656831?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fprograma-eficiencia-energetica%3Fp_id%3D101_INSTANCE_94kK2bHDLPM>. Acesso em: 11 nov. 2018.
- ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2018**. São Paulo, 2018.
- ANTP (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS). 50 anos de trolebus em São Paulo. **Revista dos Transportes Públicos**, v. 21, p. 12, 1999.
- ARROW, K. J. The Economic Learning Implications of by Doing. **The Review of Economic Studies**, v. 29, n. 3, p. 155–173, 1962.
- ARTHUR, B. Competing Technologies , Increasing Returns , and Lock-In by Historical Events. **The Economic Journal**, v. 99, n. 394, p. 116–131, 1989.
- ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE MEDICINA; INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. **Um minuto de Ar Limpo. Manifesto da Classe Médica do Estado de São Paulo**. São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2018/10/Manifesto_UmMinutodeArLimpo_2018.pdf>. Acesso em: 30 out. 2018.
- BAKKER, S.; KONINGS, R. The transition to zero-emission buses in public transport – The need for institutional innovation. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, n. November 2016, 2017.
- BANISTER, D. The sustainable mobility paradigm. **Transport Policy**, v. 15, n. 2, p. 73–80, 2008.
- BARASSA, E. **Trajetória Tecnológica do Veículo Elétrico: Atores, Políticas e Esforços Tecnológicos no Brasil**. 2015. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica).-Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, Campinas, 2015.
- BATERIAS MOURA. **Baterias Moura - Sobre a Moura**. Disponível em: <<https://www.moura.com.br/sobre-nos/>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- BERGEK, A. et al. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. **Research Policy**, v. 37, n. 3, p. 407–429, 2008.
- BIJKER, W. E.; HUGHES, T. P.; PINCH, T. **The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology**. Cambridge; Massachusetts: MIT Press, 1987.

BLOOMBERG. **Here's How Electric Cars Will Cause the Next Oil Crisis**. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/features/2016-ev-oil-crisis/>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

BLOOMBERG. **Lithium-ion Battery Costs and Market** Bloomberg New Energy Finance. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/14/2017/07/BNEF-Lithium-ion-battery-costs-and-market.pdf>>.

BNEF (BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE). **Electric Buses in Cities. Driving Towards Cleaner Air and Lower CO₂**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://about.bnef.com/blog/electric-buses-cities-driving-towards-cleaner-air-lower-co2/>>.

BRACZYK, H.-J.; COOKE, P.; HEIDENREICH, M. **Regional innovation systems**. London: UCL Press Limited, 1998.

BRAND, C. Beyond 'Dieselgate': Implications of unaccounted and future air pollutant emissions and energy use for cars in the United Kingdom. **Energy Policy**, v. 97, p. 1–12, 2016.

BRASIL-MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Política Nacional de Mobilidade Urbana. Lei 12.587/12**. Brasil, 2012.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. CASA CIVIL. SUBCHEFIA PARA ASSUNTOS JURÍDICOS. **Decreto nº 7819 de 3 de Outubro de 2012. Programa Inovar-AutoBrasil**, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7819.htm>. Acesso em: 4 nov. 2018

BRASIL. **Estatuto da Cidade. Lei No.10.257 de 10 de Julho de 2001**, 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 17 out. 2018

BRASIL. **Política Nacional sobre Mudança do Clima PNMC. Lei No. 12.187 de 29 de Dezembro de 2009**, 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/12187.htm>. Acesso em: 14 out. 2018

BRASIL. **Pretendida contribuição nacionalmente determinada para consecução do objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf>. Acesso em: 14 out. 2018.

BRASIL. **Decreto No. 9.557 de 8 de Novembro de 2018. Programa Rota 2030-Mobilidade e Logística**Brasil, 2018.

BRAUDEL, F. Histoire et Sciences sociales: La longue durée. **Annales. Histoire, Sciences Sociales**, 13e Année, v. 4, p. 725–753, 1958.

BULKELEY, H. et al. **Cities and Low Carbon Transitions**. New York: Routledge. Taylor & Francis Group, 2011.

C40 CITIES. **C40: Fossil-Fuel-Free Streets Declaration**. Disponível em: <<https://www.c40.org/other/fossil-fuel-free-streets-declaration>>. Acesso em: 21 out. 2018.

CALLON, M. Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis. In: **The Social Construction of Technological Systems: New directions in the Sociology and History of Technology**. [s.l.] MIT Press, 1987.

CARLSSON, B.; STANKIEWICZ, R. On the nature, function and composition of technological systems. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 1, n. 2, p. 93–118, 1991.

CETESB. **Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2016**. São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2017/11/EMISSIONES-VEICULARES_09_nov.pdf>.

CETESB (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO). **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2017**. São Paulo: CETESB, 2018.

CIDADE DE SÃO PAULO. **Diário oficial Cidade de São Paulo. Lei No. 16.802 de 17 de Janeiro de 2018**, 2018a.

CIDADE DE SÃO PAULO. **Decreto No. 58.323 de 16 de Julho de 2018** **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, 2018b. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/199498843/dosp-cidade-17-07-2018-pg-1?ref=previous_button>. Acesso em: 4 ago. 2018

CINTRA, M. **Os custos dos congestionamentos na cidade de São Paulo**. São Paulo, 2004. Disponível em: <www.eesp.fgv.br>. Acesso em: 21 nov. 2018.

COENEN, L.; BENNEWORTH, P.; TRUFFER, B. Toward a spatial perspective on sustainability transitions. **Research Policy**, v. 41, n. 6, p. 968–979, 2012.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO - CET. **Pesquisa de monitoramento da mobilidade: mobilidade no sistema viário principal: volume e velocidade - 2016**. [s.l: s.n.].

CONAMA. **Revisão da Resolução CONAMA No. 3/1990-Padrões de Qualidade do Ar**, 2018. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/processos/C1CB3034/PropResol_QualidadeAr_28aCTQAGR_21e22fev18_VLIMPA2.pdf>. Acesso em: 26 out. 2018

CONSONI, F. L. et al. **Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos**. Brasília D.F: Ministério da Indústria, Comercio Exterior e Serviços MDIC, 2018.

COOKE, P.; GOMEZ URANGA, M.; ETXEBARRIA, G. Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. v. 26, p. 475–491, 1997.

COPPE. **Coppe lança Ônibus a Hidrogênio com tecnologia nacional**. Disponível em: <<http://www.coppe.ufrj.br/pt-br/planeta-coppe-noticias/noticias/coppe-lanca-onibus-a-hidrogenio-com-tecnologia-nacional>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

COSTA, J. P. DA. A eficiência energética e o PBE-V: breve relato. **Radar**, v. 52, p. 23–26, 2017.

COSTA, I.; BUI, S.; ZWART, T. A. **Organisational learning for sustainability transitions**. 8th International Sustainability Transitions Conference IST. **Anais...Gothemburg**: 2017

COSTA RICA. **Ley 9518 Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico**, 2018. Disponível em: <<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos177932.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2018

CPFL ENERGIA. **Mobilidade Elétrica: Emotive**. Disponível em: <<https://www.cpfl.com.br/sites/mobilidade-eletrica/emotive/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

DAIM, T. U. et al. Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 73, n. 8, p. 981–1012, 2006.

DE ANDRÉ, P. A.; VORMITTAG, E.; SALDIVA, P. **Avaliação e valoração dos impactos da poluição do ar na saúde da população decorrente da substituição da matriz energética do transporte público na cidade de São Paulo**. São Paulo: [s.n.]. 2017. Disponível em: <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2017/05/GP_ISS_Relatorio_ImpactosOnibusSP-1.pdf>. Acesso em: 27 out. 2018.

DETRAN/SP. **Flota de Veículos em SP por tipo de veículo**. Disponível em: <<https://www.detran.sp.gov.br/wps/wcm/connect/portaldetran/detran/detran/estatisticastransito/sa-frotaveiculos/d28760f7-8f21-429f-b039-0547c8c46ed1>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

DIÁRIO DO TRANSPORTE. HISTÓRIA: São Paulo já teve lei que obrigava frota de ônibus movidos a Gás Natural. **Diário do Transporte**, 2 nov. 2015.

DIÁRIO DO TRANSPORTE. Ônibus elétrico com energia solar já está em operação em Santa Catarina. **Diário do Transporte**, 21 dez. 2016a.

DIÁRIO DO TRANSPORTE. Governo chinês vai financiar ônibus elétricos da BYD no Brasil. **Diário do Transporte**, 8 dez. 2016b.

DIÁRIO DO TRANSPORTE. Ônibus consegue aproveitar melhor até 22 vezes mais o espaço urbano em relação ao carro para realidade de São Paulo. **Diário do Transporte**, 24 nov. 2016c.

DIÁRIO DO TRANSPORTE. Uma nova chance para os trólebus de São Paulo. **Diário do Transporte**, 26 ago. 2017.

DIÁRIO DO TRANSPORTE. Projeto do Senado quer banir carro movido a combustível fóssil até 2060. **Diário do Transporte**, 20 out. 2018a.

DIÁRIO DO TRANSPORTE. IAA mostra a força dos ônibus elétricos pelo mundo. **Diário do Transporte**, 1 out. 2018b.

DIÁRIO DO TRANSPORTE. Niterói usará dinheiro do petróleo para comprar 50 ônibus elétricos. **Diário do Transporte**, 15 jun. 2018c.

DIÁRIO DO TRANSPORTE. Toda frota de 15 ônibus 100% elétricos de projeto-piloto estará em operação até março, diz Bruno Covas. **Diário do Transporte**, 10 dez. 2018d.

DIÁRIO DO TRANSPORTE. SPTrans começa a renovar contratos emergenciais de empresas de ônibus da zona Leste e até o Natal assina com as ex-cooperativas. **Diário do Transporte**, 9 nov. 2018e.

DIÁRIO DO TRANSPORTE. Prefeitura retoma licitação bilionária dos ônibus de São Paulo. **Diário do Transporte**, 24 nov. 2018f.

DIJK, M. A socio-technical perspective on the electrification of the automobile: Niche and regime interaction. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v. 14, n. 2, p. 158–171, 2014.

DIJK, M.; ORSATO, R. J.; KEMP, R. The emergence of an electric mobility trajectory. **Energy Policy**, v. 52, p. 135–145, 2013.

DOSI, G. **Technical change and industrial transformation: the theory and an application to the semiconductor industry**. London: The Macmillan Press Ltd., 1984.

DREIER, D. **Assessing the potential of fuel saving and emissions reduction of the bus rapid transit system in Curitiba, Brazil**. [s.l.] KTH Royal Institute of Technology, 2015.

DRIEL, H. VAN (HUGO); SCHOT, J. Radical Innovation as a Multilevel Process: Introducing Floating Grain Elevators in the Port of Rotterdam. **Technology and Culture**, v. 46, n. 1, p. 51–76, 2005.

EDQUIST, C. **System of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations**. London and New York: Routledge. Taylor & Francis Group, 1997.

EEA EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Perspectives on transitions to sustainability**. 2018.

EL-HAWARY, M. E. The smart grid - State-of-the-art and future trends. **Electric Power Components and Systems**, v. 42, n. 3–4, p. 239–250, 2014.

EL ESPECTADOR. Volvo y Scania se “muestran los dientes” en licitación de Transmilenio | ELESPECTADOR. 13 out. 2018a.

EL ESPECTADOR. De Volvo sobre la licitación de Transmilenio en Bogotá. 22 out. 2018b.

ELZEN, B.; GEELS, F. W.; GREEN, K. **System Innovation and the Transitions to Sustainability. Theory, Evidence and Policy**. Cheltenham, UK / Northampton, MA, USA: Edward Elgar Publishing Limited, 2004.

EMDEC (EMPRESA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO DE CAMPINAS S/A). **Campinas assina acordo para modelo de Mobilidade Elétrica no Transporte Público**. Disponível em: <<http://www.emdec.com.br/eficiente/sites/portalemdec/pt-br/site.php?secao=noticias&pub=13687>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

EMDEC - EMPRESA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO DE CAMPINAS S/A. **Sistema Intercamp**. Disponível em: <<http://www.emdec.com.br/eficiente/sites/portalemdec/pt-br/site.php?secao=sistemaintercamp>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

EMDEC (EMPRESA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO DE CAMPINAS S/A). **Rapidão Campinas**. Disponível em: <<http://www.emdec.com.br/eficiente/sites/portalemdec/pt-br/site.php?secao=rapidao-brt-campinas>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

EMTU (EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS DE SÃO PAULO). **ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO: TECNOLOGIAS RENOVÁVEIS PARA O TRANSPORTE URBANO NO BRASIL**. São Paulo. 2010.

EUROPEAN COMMISSION. **Roadmap to a Single European Transport Area—Towards a competitive and resource efficient transport system**. 2011.

FABUS - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ÔNIBUS. **Produção das empresas Associadas**. Disponível em: <<http://fabus.com.br/producao.htm>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

FAÇANHA, C. et al. **Deficiências no Programa Proconve P-7 Brasileiro e o caso para normas P-8ICCT - International Council on Clean Transportation**. 2016.

FAÇANHA, C. **Euro VI para o Brasil: um caminho claro para céus mais limpos**. 2017. Disponível em: <<https://www.theicct.org/blogs/staff/euro-VI-para-o-brasil-um-caminho-claro-para-ceus-mais-limpos>>. Acesso em: 31 out. 2018.

FENABRAVE (FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES). **Anuário 2017 - O desempenho da distribuição automotiva no Brasil**. 2017.

FERREIRA, A. L. et al. **Emissões dos Setores de Energia, Processos Industriais e uso de produtos. SEEG Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Período 1970-2016. Documento de análise 2018**. São Paulo. 2018.

FINEP. **Desafios para a implantação de ônibus a hidrogênio são debatidos na Finep**. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/noticias/todas-noticias/5045-novos-desafios-para-a-implantacao-de-onibus-a-hidrogenio-sao-debatidos-na-finep>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

FOSTER, R. N. **Innovation: The Attacker's Advantage**. London: Guild Publishing, 1986.

FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance: lessons from Japan**. London: Pinter, 1987.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. **Structural Crises of adjustment, business cycles and investment behaviour**. London: Pinter Publisher, 1998.

GAKIDOU, E.; GLOBAL BURDEN OF DISEASE STUDY 2016 RISK FACTORS COLLABORATORS. Global , regional , and national comparative risk assessment of 84 behavioural , environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks , 1990 – 2016 : a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. **Lancet**, v. 390, p. 1345–1422, 2017.

GEELS, F. **Technological Transitions and System Innovations. A Co-Evolutionary and Socio-Technical Analysis**. Northampton, Massachusetts, USA: Edward Elgar Publishing Limited, 2005a.

GEELS, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. **Research Policy**, v. 31, n. 8–9, p. 1257–1274, 2002.

GEELS, F. W. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. **Research Policy**, v. 33, n. 6–7, p. 897–920, 2004a.

GEELS, F. W. Understanding system innovations: a critical literature review and a conceptual synthesis. In: ELZEN, B.; GEELS, F. W.; GREEN, K. (Eds.). **System Innovation and the Transition to Sustainability. Theory, Evidence and Policy**. Northampton, Massachusetts, USA: Edward Elgar Publishing Limited, 2004b.

GEELS, F. W. The dynamics of transitions in socio-technical systems: A multi-level analysis of the transition pathway from horse-drawn carriages to automobiles (1860-1930). **Technology Analysis and Strategic Management**, v. 17, n. 4, p. 445–476, 2005b.

GEELS, F. W. Co-evolutionary and multi-level dynamics in transitions: The transformation of aviation systems and the shift from propeller to turbojet (1930-1970). **Technovation**, v. 26, n. 9, p. 999–1016, 2006.

GEELS, F. W. Feelings of discontent and the promise of middle range theory for STS: Examples from technology dynamics. **Science Technology and Human Values**, v. 32, n. 6, p. 627–651, 2007.

GEELS, F. W. Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective. **Research Policy**, v. 39, n. 4, p. 495–510, 2010.

GEELS, F. W. The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 1, n. 1, p. 24–40, 2011a.

GEELS, F. W. The role of cities in technological transitions . Analytical clarifications and historical examples. In: BULKELEY, H. et al. (Eds.). . **Cities and Low Carbon Transitions**. New York: Routledge, 2011b. p. 13–28.

GEELS, F. W. A socio-technical analysis of low-carbon transitions: introducing the multi-level perspective into transport studies. **Journal of Transport Geography**, v. 24, p. 471–482, 2012.

GEELS, F. W. et al. **Automobility in transition?: A socio-technical analysis of sustainable transport**. New York: Routledge, 2012.

GEELS, F. W. Low-carbon transition via system reconfiguration? A socio-technical whole system analysis of passenger mobility in Great Britain (1990–2016). **Energy Research and Social Science**, 2018a.

GEELS, F. W. Disruption and low-carbon system transformation: Progress and new challenges in socio-technical transitions research and the Multi-Level Perspective. **Energy Research and Social Science**, v. 37, n. September, p. 224–231, 2018b.

GEELS, F. W.; SCHOT, J. Typology of sociotechnical transition pathways. **Research Policy**, v. 36, n. 3, p. 399–417, 2007.

GOYAL, N.; HOWLETT, M. Technology and instrument constituencies as agents of innovation: Sustainability transitions and the governance of urban transport. **Energies**, v. 11, n. 5, p. 1–14, 2018.

GREENPEACE. **Dossiê Ônibus Limpo. Benefícios de uma transição para combustíveis na frota de São Paulo**. São Paulo: 2016. Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/hubfs/Campanhas/mobilidade/documentos/2016-greenpeace_dossie_onibus_limpo.pdf>.

GUIDA, U. **ZeEUS and the clean bus deployment. ZeEUS Final Event**. Bruselas: 2018. Disponível em: <<http://zeeus.eu/uploads/deliverables/documents/1-zeeus-and-the-clean-bus-deployment.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

HAGMAN, J. et al. Total cost of ownership and its potential implications for battery electric vehicle diffusion. **Research in Transportation Business & Management**, v. 18, p. 11–17, 2016.

HANSEN, T.; COENEN, L. The Geography of Sustainability Transitions: Review, Synthesis and Reflections on an Emergent Research Field. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 17, p. 92–109, 2015.

HEKKERT, M. P. et al. Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 74, n. 4, p. 413–432, 2007.

HODSON, M.; MARVIN, S. Can cities shape socio-technical transitions and how would we know if they were? In: BULKELEY, H. et al. (Eds.). . **Cities and Low Carbon Transitions**. New York: Routledge, 2011. p. 54–70.

HOLTZ, G. et al. Competences of local and regional urban governance actors to support low-carbon transitions: Development of a framework and its application to a case-study. **Journal of Cleaner Production**, v. 177, p. 846–856, 2018.

HOOGMA, R. et al. **Experimenting for Sustainable Transport. The approach of Strategic Niche Management**. London: Spon Press, 2002.

HUGHES, T. P. The Evolution of Large Technological Systems. In: **The Social Construction of Technological Systems: New directions in the Sociology and History of Technology**. London: MIT Press, 1987.

IARC (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER). **IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths**. Lyon: [s.n.]. 2013. Disponível em: <<http://www.iarc.fr/en/publications/books/sp161/index.php>>. Acesso em: 27 out. 2018.

IBGE. **Áreas dos Municípios | Geociências | IBGE :: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=destaques&c=35>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Produto Interno Bruto dos Municípios | Estatísticas I**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **IBGE | Brasil em Síntese | São Paulo | Campinas | Panorama**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/campinas/panorama>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Estimativas de População dos municípios do Brasil para 2018**. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/22374-ibge-divulga-as-estimativas-de-populacao-dos-municipios-para-2018>>. Acesso em: 17 out. 2018.

IBUSUKI, U. et al. **The Innovation System of the Brazilian Automotive Sector : lessons learned from INOVAR-AUTO**. 26th International Colloquium of GERPISA. Who drives the change? New and traditional players in the global automotive sector. **Anais...**São Paulo: 2018

ICCT (INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION). **2017 year in review: European diesel down, electric vehicles on the rise**. Disponível em: <<https://www.theicct.org/blog/staff/2017-year-review-european-diesel-down-electric-vehicles-rise>>. Acesso em: 21 out. 2018.

ICCT (THE INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION). **Cities driving diesel out of the European car market | International Council on Clean Transportation**. Disponível em: <<https://www.theicct.org/blogs/staff/cities-driving-diesel-out-european-car-market>>. Acesso em: 20 out. 2018.

IEA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global EV Outlook. Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020**. [s.l.: s.n.]. 2013. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook_2013.pdf>.

IEA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **CO2 emissions from fuel combustion. Overview 2017**. [s.l.: s.n.]. 2017.

IEA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global EV Outlook 2017: Two million and counting**. IEA Publications, p. 1–71, 2017b.

IEA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global EV Outlook 2018. Towards cross-modal electrification**. [s.l.: s.n.]. 2018. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/energy/global-ev-outlook-2018_9789264302365-en>.

IEMA (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE). **Inventário de Emissões Atmosféricas do Transporte Rodoviário de Passageiros no Município de São Paulo**. 2017. Disponível em: <<http://emissoes.energiaambiente.org.br/>>. Acesso em: 29 out. 2018.

IEMA (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE). **Padrões de qualidade do ar. Experiência comparada Brasil, EUA e União Europeia**. São Paulo: [s.n.]. 2012.

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. **MANIFESTO EM DEFESA DOS PADRÕES DE QUALIDADE DO AR**. 2018.

IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). **Glossary of Terms used in the IPCC Third Assessment Report**. [s.l.: s.n.]. 2001. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2018.

IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). **Global Warming of 1.5 °C an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty**. [s.l.: s.n.]. 2018. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/report/sr15/>>. Acesso em: 14 out. 2018.

JACOBSSON, S.; JOHNSON, A. The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research. **Energy policy**, v. 28, p. 625–640, 2000.

KEMP, R. Technology and the transition to environmental sustainability. **Futures**, v. 26, n. 10, p. 1023–1046, 1994.

KEMP, R.; LOORBACH, D. **Transition management: A reflexive governance approach**. In: Reflexive Governance for Sustainable Development. 2006.

KEMP, R.; LOORBACH, D.; ROTMANS, J. Transition management as a model for managing processes of co-evolution towards sustainable development. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, v. 14, n. 1, 2007.

KEMP, R.; RIP, A.; SCHOT, J. W. Constructing Transition Paths Through the Management of Niches. In: **Path Dependence and Creation**. [s.l.] Lawrence Erlbaum, 2001. p. 269–299.

KEMP, R.; SCHOT, J.; HOOGMA, R. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 10, n. 2, p. 175–198, 1998.

KERN, F.; SMITH, A. Restructuring energy systems for sustainability? Energy transition policy in the Netherlands. **Energy Policy**, v. 36, n. 11, p. 4093–4103, 2008.

KÖHLER, J. et al. **A research agenda for the Sustainability Transitions Research Network**. 2017.

KONDRATIEFF, N. D. The Long Waves in Economic Life. **The Review of Economic and Statistics**, v. 17, n. 6, p. 105–115, 1935.

KUHN, T. **The Structure of Scientific Revolutions**. Chicago: The University of Chicago Press, 1962.

KUOKKANEN, A.; YAZAR, M. Cities in sustainability transitions: Comparing Helsinki and Istanbul. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 5, p. 1–18, 2018.

KUTNEY, P. Híbrido Volksbus e-Flex projetado no Brasil é surpresa da VWCO em Hannover. **Automotive Business**, 2018.

LEITE, D. **Emotive. Mobilidade Elétrica CPFL**. São Paulo. 2018.

LISO, N. DE; FILATRELLA, G. On Technology Competition: A formal analysis of the “Sailing-Ship Effect”. **Economics of Innovation and New Technology**, v. 17, n. 6, p. 593–610, 2008.

LOORBACH, D. Transition management for sustainable development: A prescriptive, complexity-based governance framework. **Governance**, v. 23, n. 1, 2010.

LOORBACH, D.; FRANTZESKAKI, N.; AVELINO, F. Sustainability Transitions Research: Transforming Science and Practice for Societal Change. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 42, n. 1, p. 599–626, 2017.

LUNDVALL, B.-Å. **National System of Innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning**. London: Pinter Publisher, 1992.

LUNDVALL, B. Å. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: DOSI, G. et al. (Eds.). **Technical Change and Economic Theory**. London and New York: Pinter Publisher, 1988. p. 646.

MALERBA, F. Sectoral systems of innovation and production. **Research Policy**, v. 31, n. 2, p. 247–264, 2002.

MARKARD, J.; RAVEN, R.; TRUFFER, B. Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. **Research Policy**, v. 41, n. 6, p. 955–967, 2012.

MARLETTO, G. Car and the city: Socio-technical transition pathways to 2030. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 87, p. 164–178, 2014.

MARX, R. et al. Spatial contexts and firm strategies: Applying the multilevel perspective to sustainable urban mobility transitions in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p. 1–13, 2014.

MARX, R.; DE MELLO, A. M. New initiatives, trends and dilemmas for the Brazilian automotive industry: The case of Inovar Auto and its impacts on electromobility in Brazil. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v. 14, n. 2, p. 138–157, 2014.

MATTES, P. et al. Performance of an Electric Bus, Powered By Solar Energy. **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar**, 2018.

MCKINSEY. Electrifying insights: How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability. **Advanced Industries**, n. January, p. 28, 2017.

MCTIC. **Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Energias Renováveis e Biocombustíveis 2018-2022**. Brasília D.F. 2018.

MDIC (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, C. E. E S. **Portaria MDIC Nº 74 DE 26/03/2015**, 2015. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=282487>>. Acesso em: 3 nov. 2018

MEADOWCROFT, J. What about the politics? Sustainable development, transition management, and long term energy transitions. **Policy Sciences**, v. 42, n. 4, 2009.

MILLER, J.; FAÇANHA, C. **Análise de Custo-Benefício da Norma P-8 de emissões de Veículos Pesados no Brasil**. [s.l: s.n.]. 2016. Disponível em: <<https://www.theicct.org/sites/default/files/P-8 Portuguese White Paper vFinal.pdf>>.

MINISTERIO DE ENERGÍA; MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES; MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. **Estrategia Nacional de Electromovilidad. Un camino para los vehículos eléctricos**. Santiago de Chile: [s.n.]. 2018. Disponível em: <http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/2018/electromovilidad/estrategia_electromovilidad-27dic.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Mobilidade Urbana - PAC**. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/infraestrutura-social-e-urbana/mobilidade-urbana>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES; MINISTERIO DAS CIDADES. **Plano setorial de transporte e de mobilidade urbana para mitigação e adaptação à mudança do clima (PSTM)**. Brasília D.F.: [s.n.]. 2013. Disponível em: <<http://bibspi.planejamento.gov.br/bitstream/handle/identem/298/PSTM.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 14 out. 2018.

MIRAGLIA, S. G. E. K.; GOUVEIA, N. Custos da poluição atmosférica nas regiões metropolitanas brasileiras. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 10, p. 4141–4147, 2014.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **O que é o CONAMA?** Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 26 out. 2018.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE); CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução No. 491 de 19 de Novembro de 2018. Padrões de Qualidade do Ar**, 2018.

MME (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA). **RenovaBio. Diretrizes Estratégicas**. 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/diretrizes>>. Acesso em: 6 nov. 2018.

MME (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA); EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA).

RenovaBio : Biocombustíveis 2030. Nota Técnica: Papel dos biocombustíveis na matriz. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2017b. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/documents/10584/7948692/EPE_NT1_PAPEL+DOS+BIOCOMBUSTÍVEIS.pdf/779d7ffd-4169-4e10-a1a1-9a93184f6209?jsessionid=BC69E6F175F98A700035966D239A65BA.srv154>.

MME (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA); EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA). **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis Ano 2017.** Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <www.epe.gov.br>.

MME (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA); EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA).

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2018. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2018. Disponível em:

<<http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018.pdf>>. Acesso em: 5 nov. 2018.

MOBILIZE (MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL). **Metrô avança (lentamente) em cidades brasileiras.** Disponível em: <<http://www.mobilize.org.br/noticias/10564/metros-avancam-lentamente-em-cidades-brasileiras.html>>. Acesso em: 30 jul. 2018.

MORADI, A.; VAGNONI, E. A multi-level perspective analysis of urban mobility system dynamics: What are the future transition pathways? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 126, n. July, p. 231–243, 2018.

MOREIRA, A.; CHIARETTI, D. Poluição do ar mata mais de 50 mil por ano no país, diz OMS. **Valor Econômico**, p. 1, 2 maio 2018.

NELSON, R. **National Innovation System. A comparative analysis.** New York: Oxford University Press, 1993a.

NELSON, R.; WINTER, S. G. In search of useful theory of innovation. **Research Policy**, v. 6, p. 36–76, 1977.

NELSON, R.; WINTER, S. G. **An evolutionary Theory of Economic Change.** Cambridge: Harvard University Press, 1982.

NETO, S. S. **A EXPERIÊNCIA DA SPTRANS NO USO DE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS AO DIESEL E PETRÓLEO.** Foz de Iguaçu. 2018.

NILSSON, M.; HILLMAN, K.; MAGNUSSON, T. How do we govern sustainable innovations? Mapping patterns of governance for biofuels and hybrid-electric vehicle technologies. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 3, p. 50–66, 2012.

NTU. **Dados do Transporte Público por Ônibus.** Disponível em:

<<https://www.ntu.org.br/novo/AreasInternas.aspx?idArea=7>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

NTU (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS). **BRT Brasil. A Evolução das Cidades.** Disponível em: <http://www.brtbrasil.org.br/index.php/brt-brasil#.W_wohC13EWo>. Acesso em: 26 nov. 2018.

NYKVIST, B.; WHITMARSH, L. A multi-level analysis of sustainable mobility transitions: Niche development in the UK and Sweden. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 75, n. 9, p. 1373–1387, 2008.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Emissões de GEE do Brasil e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o Acordo de Paris.** [s.l.: s.n.]. 2017. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2016/12/WIP-16-10-07-RelatoriosSEEG-Agropecuaria.pdf>>.

OICA. **2017 Production Statistics | OICA.** 2018. Disponível em: <<http://www.oica.net/category/production-statistics/2017-statistics/>>. Acesso em: 4 jul. 2018.

OLIVEIRA, M. DE. Eficiência importada. **Revista Pesquisa Fapesp Edição 267**, p. 4, 2018.

OMS (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD). **Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre Actualización mundial 2005. Resumen de evaluación de los riesgos**. [s.l: s.n.]. 2005. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf?sequence=1>. Acesso em: 23 out. 2018.

OMS (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD). **Global Health Observatory data repository**. Disponível em: <<http://apps.who.int/gho/data/view.main.AMBIENTCITY2016?lang=en>>. Acesso em: 7 nov. 2018.

OMS (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD). **Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease**. [s.l: s.n.]. 2018. Disponível em: <<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/250141/1/9789241511353-eng.pdf>>.

OMS (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD). **WHO | Air pollution**. Disponível em: <<http://www.who.int/airpollution/en/>>. Acesso em: 4 jul. 2018a.

OMS (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD). **Calidad del aire ambiente (exterior) y salud**. Disponível em: <[http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)>. Acesso em: 23 out. 2018b.

ONU BRASIL. **Documentos Temáticos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável Brasil**. Brasília: [s.n.]. 2018. Disponível em: <[http://www.br.undp.org/content/dam/brazil/docs/ODS/Documentos Temáticos - ODS 6, ODS 7, ODS 11, ODS 12 e ODS 15.pdf](http://www.br.undp.org/content/dam/brazil/docs/ODS/Documentos%20Temáticos%20-%20ODS%206,%20ODS%207,%20ODS%2011,%20ODS%2012%20e%20ODS%2015.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2018.

PEREZ, C. Structural Change and Assimilation of New Technologies in the Economic and Social Systems. **Future**, v. 15, n. 5, p. 357–375, 1983.

PEREZ, C. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge Journal of Economics**, v. 34, n. 1, p. 185–202, 2010.

PISANO, U.; LEPUSCHITZ, K.; BERGER, G. **Sustainability Transitions at the International, European and National Level: Approaches, Objectives and Tools for Sustainable Development Governance**. [s.l: s.n.]. 2014.

PNUMA; UNIÓN EUROPEA. **Movilidad eléctrica: Oportunidades para Latinoamérica**. [s.l: s.n.]. 2017. Disponível em: <<http://movelatam.org/informe-regional-movilidad-electrica/>>.

PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO. SECRETARIA DO VERDE E MEIO AMBIENTE. **Lei 14.933 de 5 de Junho de 2009**, 2009. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/comite_do_clima/legislacao/leis/index.php?p=15115>. Acesso em: 4 ago. 2018

PROAM (INSTITUTO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL). **Contribuição do PROAM para o PROCONVE e demais programas e ações complementares que visam à redução das emissões de veículos automotores novos e em uso**. São Paulo: [s.n.]. 2017. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/phocadownload/consultapublica/2018/2018-02-16-consulta-proconve-promot-contribuicao-proam-olimpio.pdf>>.

QUARTZ. **Nine countries say they'll ban internal combustion engines**. Disponível em: <<https://qz.com/1341155/nine-countries-say-they-will-ban-internal-combustion-engines-none-have-a-law-to-do-so/>>. Acesso em: 19 out. 2018.

RAVEN, R. P. J. M.; GEELS, F. W. Socio-cognitive evolution in niche development: Comparative analysis of biogas development in Denmark and the Netherlands (1973-2004). **Technovation**, v. 30, n. 2, p. 87–99, 2010.

RAVEN, R.; SCHOT, J. W.; BERKHOUT, F. Space and scale in socio-technical transitions. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 4, p. 63–78, 2012.

REDE NOSSA SÃO PAULO; IBOPE INTELIGÊNCIA; MOBCIDADES. **Mobilidade Urbana na Cidade**. [s.l: s.n.]. 2018. Disponível em: <https://www.cidadessustentaveis.org.br/arquivos/pesquisa_rnsp_mobilidade_2018.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2018.

RIGACCI VAZZOLÉR, L. F.; MACHADO BONACELLI, M. B. Geração e Uso de Etanol Combustível: oportunidades e limites da tecnologia Flex- Fuel. **Revista Gestão & Conexões**, v. 3, n. 2, p. 111–133, 2014.

RIP, A. There's No Turn Like the Empirical Turn. In: **The Empirical Turn in the Philosophy of Technology**. Amsterdam: Elsevier, 2000. p. 3–18.

ROTMANS, J.; KEMP, R.; VAN ASSELT, M. More evolution than revolution: transitions management in public policy. **Foresight**, v. 3, n. 1, p. 55–31, 2001.

ROVÊDO, T. Ônibus Elétricos Vão Compor 20% Da Frota Do Transporte Público. **ACidade ON CAMPINAS** Campinas, 30 ago. 2018. Disponível em: <<https://www.acidadeon.com/campinas/cotidiano/policia/NOT,0,0,1365382,onibus+eletricos+vao+compor+20+da+frota+do+transporte+publico.aspx>>. Acesso em: 15 nov. 2018

RÜTHER, R. **Electric Vehicles and Photovoltaics in a Smart Grid Environment**. São Paulo: 2017

SALDIVA, P. **Vida urbana e saúde. Os desafios dos habitantes das metrópoles**. São Paulo: Editora Contexto, 2018.

SCHOT, J. **Transformative Innovation Policy Consortium (TIPC)**. Disponível em: <<http://www.johanschot.com/transformation-innovation/>>. Acesso em: 3 out. 2018.

SCHOT, J.; GEELS, F. W. Strategic niche management and sustainable innovation journeys: Theory, findings, research agenda, and policy. **Technology Analysis and Strategic Management**, v. 20, n. 5, p. 537–554, 2008.

SCHOT, J.; HOOGMA, R.; ELZEN, B. Strategies for shifting technological systems. The case of the automobile system. **Futures**, v. 26, n. 10, p. 1060–1076, 1994.

SECRETARIA DE MOBILIDADE E TRANSPORTES; SPTRANS. **Nova Licitação do Transporte Público Coletivo**. São Paulo. 2017.

SECRETARIA ESPECIAL DE AGRICULTURA FAMILIAR E DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **O que é o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)**. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-biodiesel/o-que-e-o-programa-nacional-de-producao-e-uso-do-biodiesel-pnpb>>. Acesso em: 6 nov. 2018.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MOBILIDADE E TRANSPORTES. PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Programa Ecofrota - Sustentabilidade na Gestão do Transporte**. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/transportes/noticias/?p=42088>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

SENGERS, F.; RAVEN, R. Toward a spatial perspective on niche development: The case of Bus Rapid Transit. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, 2015.

SHOVE, E.; WALKER, G. Governing transitions in the sustainability of everyday life. **Research Policy**, v. 39, n. 4, p. 471–476, 2010.

SIAMIG (ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS SUCROENERGÉTICAS DE MINAS GERAIS). **MG produzirá bateria de lítio-enxofre**. Disponível em: <<http://www.siamig.com.br/noticias/mg-produzira-bateria-de-litio-enxofre>>. Acesso em: 27 nov. 2018.

SILVA, T. **Remover 33 km de rede de trólebus em São Paulo, mais uma vez, repete o erro cometido no passado**. Disponível em: <<https://plamurbblog.wordpress.com/2018/08/29/remover-33-km-de-rede-de-trolebus-em-sao-paulo-mais-uma-vez-repete-o-erro-cometido-no-passado/>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

SILVEIRA, S. **Smart city concepts in Curitiba: Innovation for sustainable mobility and energy efficiency. Executive Summary**. Curitiba: [s.n.]. 2018. Disponível em: <www.ecs.kth.se>. Acesso em: 15 nov. 2018.

SINDIPEÇAS-ABIPEÇAS. **Relatório da Frota Circulante 2018**. São Paulo. 2018.

- SINGER, A. Brasil, junho de 2013. Classes e ideologias cruzadas. **Novos Estudos**, v. 97, p. 41, 2013.
- SMITH, A. Translating sustainabilities between green niches and socio-technical regimes. **Technology Analysis and Strategic Management**, v. 19, n. 4, p. 427–450, 2007.
- SMITH, A.; RAVEN, R. What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability. **Research Policy**, v. 41, n. 6, p. 1025–1036, 2012.
- SMITH, A.; STIRLING, A.; BERKHOUT, F. The governance of sustainable socio-technical transitions. **Research Policy**, v. 34, n. 10, p. 1491–1510, 2005.
- SMITH, A.; VOSS, J. P.; GRIN, J. Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges. **Research Policy**, v. 39, n. 4, p. 435–448, 2010.
- SPTRANS. **Sistema de Transporte SPTrans**. Disponível em: <http://www.sptrans.com.br/a_sptrans/sistema.aspx>. Acesso em: 31 jul. 2018.
- SPTRANS. **Anexo 5.1.10 Metodologia para cálculo das emissões de poluentes**. São Paulo. 2017.
- STEER. **Ônibus limpos em 5 cidades da América Latina**. São Paulo. 2018.
- STRN. **About Sustainability Transitions Research Network**. Disponível em: <<https://transitionsnetwork.org/about-strn/>>. Acesso em: 25 fev. 2018.
- TEIXEIRA, R. D. **O Estado e as empresas multinacionais no desenvolvimento produtivo e tecnológico da indústria automobilística chinesa**. 2015. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica).-Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, Campinas, 2015.
- TESLA. **Panasonic and Tesla Sign Agreement for the Gigafactory**. Disponível em: <<https://www.tesla.com/blog/panasonic-and-tesla-sign-agreement-gigafactory>>. Acesso em: 6 fev. 2018.
- THE BOSTON CONSULTING GROUP. **Batteries for Electric Cars. Challenges, Oportunities and the Outlook to 2020**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.bcg.com/documents/file36615.pdf>>.
- TRUFFER, B.; COENEN, L. Environmental Innovation and Sustainability Transitions in Regional Studies. **Regional Studies**, v. 46, n. 1, p. 1–21, 2012.
- TRUFFER, B.; MURPHY, J. T.; RAVEN, R. The geography of sustainability transitions: Contours of an emerging theme. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 17, p. 63–72, 2015.
- TURNHEIM, B. et al. Evaluating sustainability transitions pathways: Bridging analytical approaches to address governance challenges. **Global Environmental Change**, v. 35, p. 239–253, 2015.
- TUSHMAN, M. L.; ANDERSON, P. Technological Discontinuities and Organizational Environments. **Administrative Science Quarterly**, v. 31, n. 3, p. 439–465, 1986.
- U.S DOE (DEPARTMENT OF ENERGY). **Energy Efficient Technologies**. Disponível em: <https://www.fueleconomy.gov/feg/tech_adv.shtml>. Acesso em: 4 nov. 2018.
- U.S ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **International Energy Outlook 2016. Transportation sector energy consumption**. [s.l: s.n.]. 2016. Disponível em: <www.eia.gov/ieo>.
- UN-HABITAT. From Habitat II to Habitat III: Twenty years of Urban Development. In: **World Cities Report 2016. Urbanization and Development Emerging Futures**. [s.l: s.n.]. 2016. p. 1–26.
- UN DESA (UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS). **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision**. [s.l: s.n.]. 2018. Disponível em: <<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2018.

UNFCCC (UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE). **Summary of the Paris Agreement**. 2015. Disponível em: <<http://bigpicture.unfccc.int/#content-the-paris-agreemen>>. Acesso em: 5 nov. 2017.

UNFCCC. **Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action**. p. 1, 2015b.

UNFCCC UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **Entra en funcionamiento el registro internacional de contribuciones determinadas a nivel nacional**. 2016. Disponível em: <<https://unfccc.int/es/news/entra-en-funcionamiento-el-registro-internacional-de-contribuciones-determinadas-a-nivel-nacional>>. Acesso em: 14 out. 2018.

UNRUH, G. C. Understanding carbon lock-in. **Energy Policy**, v. 28, p. 817–830, 2000.

US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Corporate Average Fuel Economy (CAFE) Standards**. Disponível em: <<https://www.transportation.gov/mission/sustainability/corporate-average-fuel-economy-cafe-standards>>. Acesso em: 5 nov. 2018.

USAENE-TECNALIA. **Diseño del Marco Regulatorio para el Desarrollo de los Vehículos Eléctricos en Colombia. Programa de Transformación Productiva**. [s.l: s.n.]. 2014. Disponível em: <<https://www.ptp.com.co/documentos/3.PropuestaMarcoRegulatorio.pdf>>.

UTTERBACK, J. M.; ABERNATHY, W. J. A Dynamic Model of Process and Product Innovation. **OMEGA**, v. 3, n. 6, p. 639–656, 1975.

VAGNONI, E.; MORADI, A. Local government 's contribution to low carbon mobility transitions. **Journal of Cleaner Production**, v. 176, p. 486–502, 2018.

VAN DEN BERGH, J. C. J. M.; TRUFFER, B.; KALLIS, G. Environmental innovation and societal transitions: Introduction and overview. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 1, n. 1, p. 1–23, 2011.

VAN DEN ENDE, J.; KEMP, R. Technological transformations in history: how the computer regime grew out of existing computing regimes. **Research Policy**, v. 28, n. 8, p. 833–851, 1999.

VOLVO. **Volvo 7900 Eléctrico Descripción general**. Disponível em: <<https://www.volvobuses.es/es-es/our-offering/buses/volvo-7900-electric.html>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

VORMITTAG, E.; DELGADO, J. **RELATÓRIO DE POLUIÇÃO DO AR DURANTE A GREVE DOS CAMINHONEIROS NO BRASIL**. São Paulo: [s.n.]. 2018. Disponível em: <<http://www.secima.go.gov.br/>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

VORMITTAG, E.; RODRIGUES, C.; SALDIVA, P. **Projeção da mortalidade, internações hospitalares na rede pública e gastos públicos em saúde decorrentes da poluição atmosférica no Estado de São Paulo de 2012 a 2030**. São Paulo: [s.n.]. 2014. Disponível em: <www.saudeesustentabilidade.org.br>. Acesso em: 27 out. 2018.

VOSS, J.-P.; SMITH, A.; GRIN, J. Designing long-term policy: Rethinking transition management. **Policy Sciences**, v. 42, n. 4, 2009.

WELLS, P.; NIEUWENHUIS, P.; ORSATO, R. The nature and causes of inertia in the Automotive Industry. Regime stability and non-change. In: GEELS, F. W. et al. (Eds.). **Automobility in Transitions? A Socio-Technical analysis of Sustainable Transports**. New York: Routledge. Taylor & Francis Group, 2012.

WIECZOREK, A. J. Sustainability transitions in developing countries: Major insights and their implications for research and policy. **Environmental Science & Policy**, v. 84, p. 204–216, 2018.

WITTMAYER, J.; ROORDA, C.; STEENBERGEN, F. VAN. **Governing urban sustainability transitions – Inspiring examples**. [s.l: s.n.]. 2014. Disponível em: <https://drift.eur.nl/wp-content/uploads/2016/11/Governing-Urban-Sustainability-Transitions_DRIFT.pdf>.

WORLD POPULATION REVIEW. **World City Populations 2018**. 2018. Disponível em: <<http://worldpopulationreview.com/world-cities/>>. Acesso em: 17 out. 2018.

WRI WORLD RESOURCES INSTITUTE. **CAIT Climate Data Explorer**. 2016. Disponível em: <<http://cait.wri.org/>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

YONG, J. Y. et al. A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 365–385, 2015.

ZEEUS – ZERO EMISSION URBAN BUS SYSTEM. **Objectives – ZeEUS**. Disponível em: <<http://zeeus.eu/about-zeeus/objectives-below-titles>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

ZEEUS (ZERO EMISSION URBAN BUS SYSTEM). **ZeEUS eBus Report # 2. An updated overview of electric buses in Europe**, 2017. Disponível em: <<http://zeeus.eu/uploads/publications/documents/zeeus-ebus-report-2.pdf>>

APÉNDICE A. EJERCICIO BIBLIOMÉTRICO SOBRE LAS TRANSICIONES HACIA LA SUSTENTABILIDAD Y LA PERSPECTIVA MULTI-NIVEL (MLP)

En el siguiente Apéndice se presentan los principales resultados de un ejercicio bibliométrico que analiza el crecimiento de las publicaciones en artículos científicos relacionado con las Transiciones hacia la Sustentabilidad y específicamente, del enfoque de la Perspectiva Multi-Nivel (MLP). Para esto se utilizó la Base de Datos de artículos científicos *Scopus*⁹³ y los datos fueron procesados con las herramientas de análisis de *Scopus* y con el software de minería de datos *Orbit Intellixir*.

La ecuación de búsqueda utilizada incluye palabras-clave asociadas a las transiciones hacia la sustentabilidad, la Perspectiva Multi-Nivel y sus principales componentes. Los primeros resultados arrojaban artículos de diferentes áreas del conocimiento como Psicología y Recursos Humanos, que también utilizan el término Perspectiva Multi-Nivel, por lo tanto fue necesario excluir términos y palabras que no se relacionaran específicamente con el objetivo de la investigación. Así, la ecuación definida fue la siguiente:

((“Multi-Level Perspective” OR “Multilevel Perspective” OR “Sustainability Transitions” OR “Socio-Technical Transitions” OR “Socio-Technical Regime”) NOT (psychology OR human resources OR human OR female OR male OR adult OR aged OR middle aged” OR adolescent OR risk factor OR risk assessment))

Los resultados de esta ecuación fueron revisados con el fin de eliminar aquellos artículos que no concordaban con el objetivo de la investigación. Además se incluyeron otros artículos seminales, que aunque no usaban estas palabras clave, si sentaron las bases teóricas para la formulación de la Perspectiva Multi-Nivel. De esta manera, después de depurar la base de datos, el resultado fue de **1.335 artículos**.

Los principales aspectos analizados fueron los siguientes:

- Dinámica de publicación de artículos científicos: muestra el número de artículos publicados en el periodo 1994-2018.

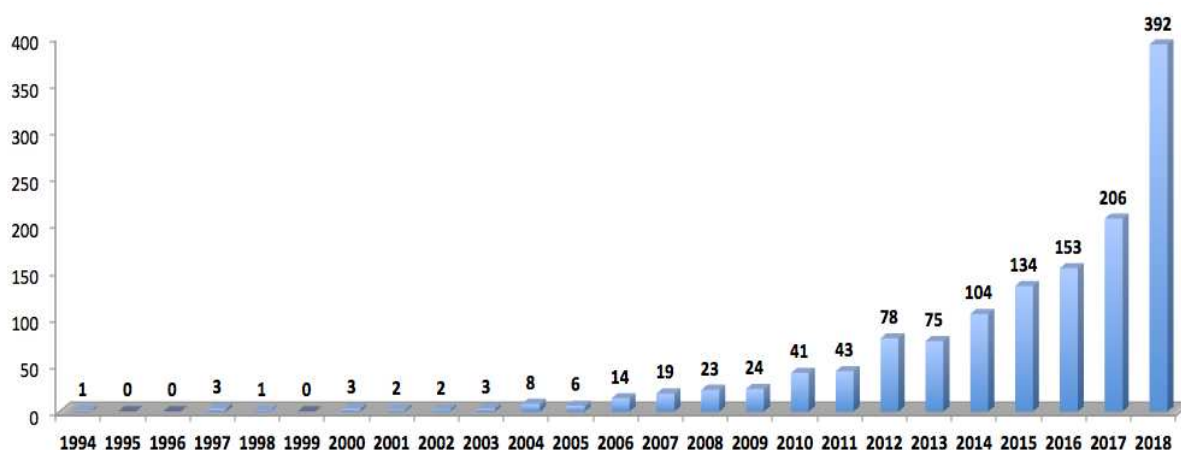
⁹³ *Scopus* es una base de artículos y literatura científica de carácter multidisciplinar, con cobertura desde 1960 y que contiene alrededor de 27 millones de artículos relevantes. Las revistas que hacen parte de esta base de datos son evaluadas por pares académicos, lo que garantiza en parte su calidad y pertinencia para la investigación académica. Se utilizó esta base de datos porque fue la que arrojó un mayor número de resultados asociados a la ecuación de búsqueda elaborada.

- Líderes en investigación: incluye los países, instituciones (principalmente universidades), y autores que publican un mayor número de artículos, por lo cual se consideran líderes en la temática.
- Principales revistas: corresponde a las principales Revistas Académicas donde se publican los artículos.
- Artículos más citados: son los artículos que recibieron un mayor número de citas, por lo cual son considerados de mayor impacto en la comunidad científica.
- Principales conceptos: a partir del análisis de las palabras-clave (*Keywords*), se identificaron las principales temáticas abordadas en los artículos.
-

Dinámica de publicación de artículos científicos

Para el período 1994-2018 fueron identificados 1.335 artículos relacionados con las Transiciones hacia la Sustentabilidad y la Perspectiva Multi-Nivel, cuya dinámica de publicación se presentan en el gráfico .

Gráfico 7.1. Dinámica de publicación de artículos científicos Transiciones hacia la Sustentabilidad y Perspectiva Multi-Nivel (1994-2018)



Fuente: Base de datos *Scopus*, procesamiento *Orbit Intellixir*.

Los artículos publicados entre 1994-2001 corresponden a artículos que abordan el tema de las transiciones hacia la sustentabilidad, a través de estudios de caso y del análisis de políticas medio-ambientales. En este período se destacan los artículos seminales de SCHOT; HOOGMA; ELZEN (1994): “*Strategies for Shifting Technological Systems. The case of automobile system*”, donde se hace un análisis de la industria automovilística y las implicaciones de la implementación de alternativas como los vehículos eléctricos y el artículo

de Kemp; Schot; Hoogma, (1998): “*Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management*”, donde se describen los conceptos de regímenes tecnológicos dominantes y Gestión Estratégica de Nichos, como alternativas para hacer la transición hacia nuevos regímenes más sostenibles a través del impulso de nichos con tecnologías prometedoras.

El año 2002 es importante porque fue cuando se publicó el artículo de Frank Geels “*Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study*”, que fue el primero que utilizó el concepto de Perspectiva Multi-Nivel y donde se caracterizan los niveles de análisis. De hecho, este es el artículo de mayor impacto y difusión ya que cuenta con 1.638 citaciones.

Durante el período 2002-2009 continua siendo tímida la publicación de artículos con un promedio de 20 artículos por año. A partir de 2010 la publicación adquiere mayor dinamismo y coincide con la Segunda Versión de la Conferencia Internacional de Transiciones hacia la Sustentabilidad (*International Sustainability Transitions Conference*) realizada en Lund, Suecia. Esta Conferencia Internacional completa su novena versión en el año 2018 y es importante porque ha permitido configurar la Red de Investigación en Transiciones hacia la Sustentabilidad (*Sustainability Transitions Research Network STRN*)⁹⁴.

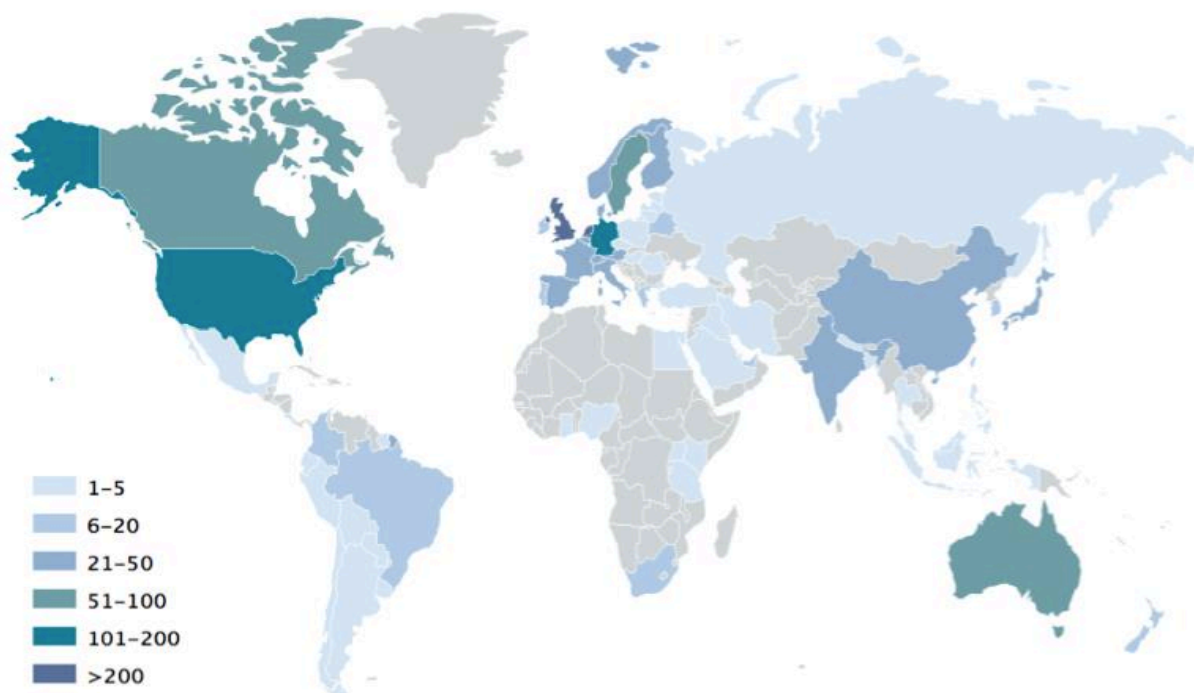
A partir del año 2014 el número de publicaciones aumenta considerablemente con más de 100 artículos por año, se destaca el año 2017 con 206 publicaciones y el año 2018 con 392 publicaciones, una cifra record de productividad académica.

Líderes en investigación

Los países que lideran el número de publicaciones son principalmente países europeos. Se destacan Reino Unido, Holanda y Alemania, quienes tienen universidades y centros de investigación que trabajan fuertemente la temática de Transiciones hacia la sustentabilidad y analizan casos de estudio utilizando la Perspectiva Multi-Nivel. En la siguiente figura se presentan los 15 países líderes en número de publicaciones sobre esta temática.

⁹⁴ La Red STRN tiene como misión profundizar la comprensión científica de las Transiciones hacia la Sustentabilidad, a través de un programa de redes, coordinación de investigación, educación y actividades académicas.

Figura 7.1. Países líderes en publicación de artículos científicos Transiciones hacia la Sustentabilidad y Perspectiva Multi-Nivel (1994-2018)



1. Reino Unido: 329	6. Australia: 97	11. Noruega: 54
2. Holanda: 274	7. Canadá: 73	12. Dinamarca: 49
3. Alemania: 251	8. Suiza: 62	13. India: 48
4. Estados Unidos: 160	9. Finlandia: 59	14. España: 48
5. Suecia: 117	10. Italia: 58	15. Austria: 42

Fuente: Base de datos *Scopus*, procesamiento *Orbit Intellixir*.

Es importante resaltar el caso de Holanda, que además de tener universidades y centros de investigación relacionados con las Transiciones hacia la sustentabilidad, desde el año 2001 ha introducido políticas con un enfoque de “transiciones”, encaminadas a solucionar problemáticas ambientales. Se destaca la política *Fourth Dutch National Environmental Policy Plan (NMP4)*, la cual argumenta que los principales problemas ambientales requieren “innovaciones de sistema” y procesos de transformación que involucren aspectos tecnológicos, económicos, socio-culturales y cambios institucionales. Esta política se planteó como objetivo reducir las emisiones de dióxido de carbono entre un 40-60% para el 2030, en comparación con los niveles de 1990 (KERN; SMITH, 2008).

A partir de esta política, el Ministerio de Asuntos Económicos, formuló el *Energy Transition Project (ETP)*, el cual tiene como objetivo apoyar políticas energéticas sustentables de largo plazo, utilizando el enfoque de Gestión de las Transiciones (*Transitions Management*) y de cambio estructural. Este proyecto propuso seis plataformas de investigación que involucraban la participación de actores públicos y privados para desarrollar proyectos y experimentos de transición en áreas energéticas clave: *Chain efficiency; Green Resources; New Gas; Sustainable Mobility; Sustainable Electricity; Built Environment* (KERN; SMITH, 2008).

Además, el gobierno holandés también financió con 20 millones de euros el programa de investigación *Knowledge Network for Transitions and System Innovation (KSI)* durante el período 2004-2010. Este programa tenía como objetivo fomentar una red de conocimiento sobre las Transiciones hacia la Sustentabilidad, a través de la realización de programas de capacitación, conferencias, congresos y encuentros entre investigadores de esta temática (LOORBACH; FRANTZESKAKI; AVELINO, 2017).

Otros países europeos también han desarrollado iniciativas y políticas públicas con un enfoque de transiciones hacia la sustentabilidad, las cuales han sido lideradas por Ministerios relacionados con Medio Ambiente y Energía. Esto refleja el impacto positivo que ha tenido este marco analítico-conceptual que no solo se queda en el análisis de estudios de caso, sino que ya sirve de referencia para la formulación de políticas públicas. En el siguiente cuadro se presentan las principales iniciativas.

Cuadro 7.1. Políticas e iniciativas de Transiciones hacia la Sustentabilidad en algunos Países Europeos

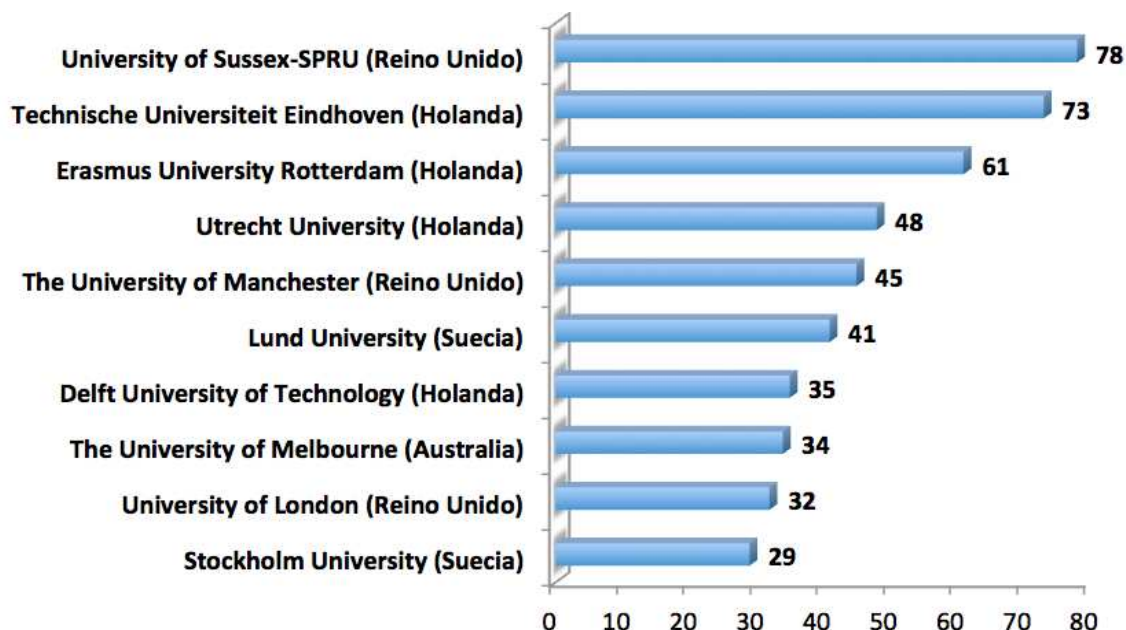
País	Principales Iniciativas	Ministerio-Entidad Responsable
Alemania	<i>Energy Transition Law (2015) World in Transition a Social Contract for Sustainability Grand Design-Sustainable Germany 2030 to 2050</i>	<i>Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety</i>
Austria	<i>Growth in Transition</i>	<i>Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management</i>
Bélgica	<i>Long term vision for Sustainable Development 2050 Long term Sustainable Development Visions: Concepts, Applications and Elaboration</i>	<i>Federal Public Planning Service for Sustainable Development</i>
Finlandia	<i>Society's Commitment to Sustainable Development: The Finland we want by 2050</i>	<i>Ministry of Environment</i>
Francia	<i>National strategy of the ecological transition towards a sustainable development</i>	<i>Ministry for Ecology, Sustainable Development and Energy</i>
Holanda	<i>Dutch Environmental Policy and the Private Sector- achieving Green growth together</i>	<i>Ministry of Infrastructure and the Environment</i>

Fuente: PISANO; LEPUSCHITZ; BERGER, (2014)

Es interesante observar que dentro del ranking de los países líderes en publicación no se encuentran países asiáticos. Japón ocupa la posición 17 con 23 artículos y China la posición 19 con 21 artículos, esto indica que la investigación relacionada con Transiciones hacia la Sustentabilidad y la aplicación de la Perspectiva Multi-Nivel aun es incipiente en estos países.

En relación a las Instituciones que más publican, hay un liderazgo absoluto por parte de Universidades Europeas, principalmente de Holanda, Reino Unido y Suecia. Las principales se presentan en el siguiente gráfico.

Gráfico 7.2. Universidades líderes en publicación de artículos científicos de Transiciones hacia la Sustentabilidad y Perspectiva Multi-Nivel



Fuente: Base de datos *Scopus*, procesamiento *Orbit Intellixir*.

El liderazgo en el número de publicaciones es del centro de investigación SPRU (*Science Policy Research Unit*), de la Universidad de Sussex en Inglaterra. El SPRU es reconocido a nivel mundial como un centro de referencia en el área de ciencia, tecnología y política de innovación. Dentro del SPRU funciona el grupo *Sussex Energy Group* (SEG), que tiene como objetivo comprender y fomentar las transiciones hacia sistemas de energía sostenibles y con bajas emisiones de carbono.

En el segundo lugar se encuentra la *Technische Universiteit Eindhoven* de Holanda, y esta posición se explica porque el autor líder de esta temática, Frank Geels, fue profesor de esta universidad por varios años, razón por la cual muchas de sus publicaciones están asociadas a esta universidad. Además, esta universidad cuenta con el Grupo de Investigación “*Technology, Innovation & Society (TIS)*”, el cual tiene dentro de sus líneas de investigación las Transiciones hacia la Sustentabilidad y aspectos relacionados con energía, innovación, difusión, apropiación, gobernanza, políticas públicas y sus respectivas implicaciones sociales.

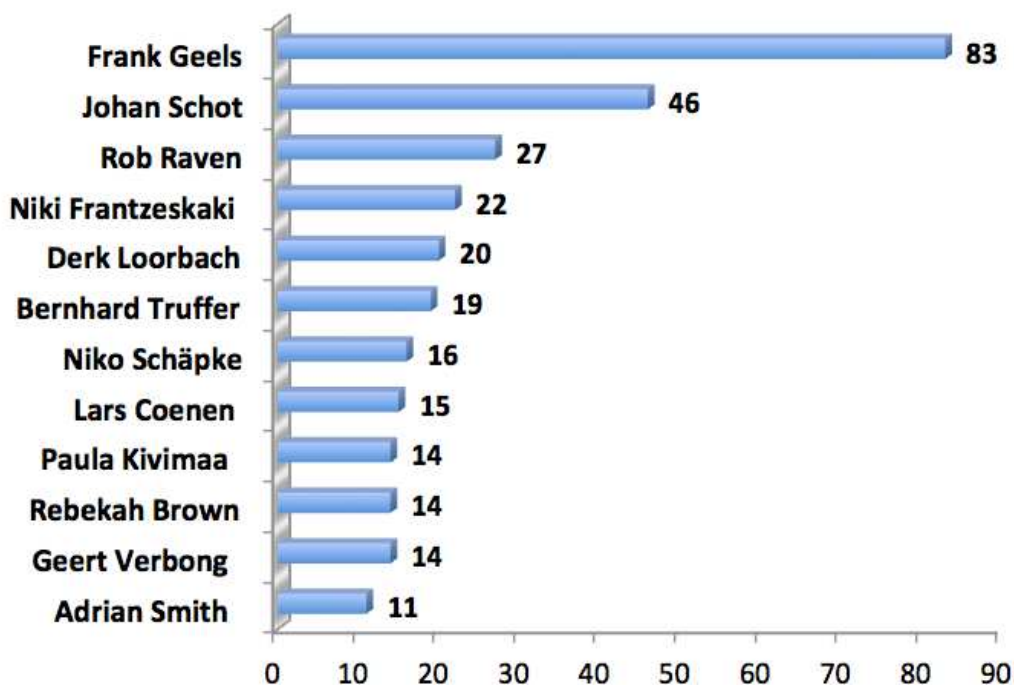
El tercer lugar es ocupado por *Erasmus University Rotterdam*, que cuenta con el Instituto DRIFT (*The Dutch Research Institute for Transitions*), el cual está enfocado en investigaciones sobre las Transiciones hacia la Sostenibilidad, las cuales son de carácter interdisciplinario y transdisciplinario para comprender mejor diferentes transiciones

contemporáneas en el transporte, movilidad, gobernanza, transformaciones sociales, entre otras. Además esta universidad cuenta con un grupo de profesores reconocidos a nivel mundial por sus contribuciones al análisis de las Transiciones hacia la Sustentabilidad como *Flor Avelino, Niki Frantzeskaki, Deer Loorbach, Jan Rotmans*, entre otros.

Para el caso de Brasil, aunque no se encuentra entre los líderes en publicación, existen algunas investigaciones en Transiciones hacia la Sustentabilidad, que se refleja en 10 artículos publicados en esta temática, algunos en colaboración con universidades extranjeras. Se destacan las siguientes universidades: *Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Fundação Getúlio Vargas*, entre otras.

Con relación a los autores líderes, se evidencia que existe una red de investigación entre profesores de universidad europeas, principalmente de Holanda, Reino Unido y Alemania, los cuales lideran una comunidad internacional de investigación en estudios de transición. Los principales autores se presentan en el siguiente gráfico.

Gráfico 7.3. Autores líderes en publicación de artículos de Transiciones hacia la Sustentabilidad y Perspectiva Multi-Nivel



Fuente: Base de datos *Scopus*, procesamiento *Orbit Intellixir*.

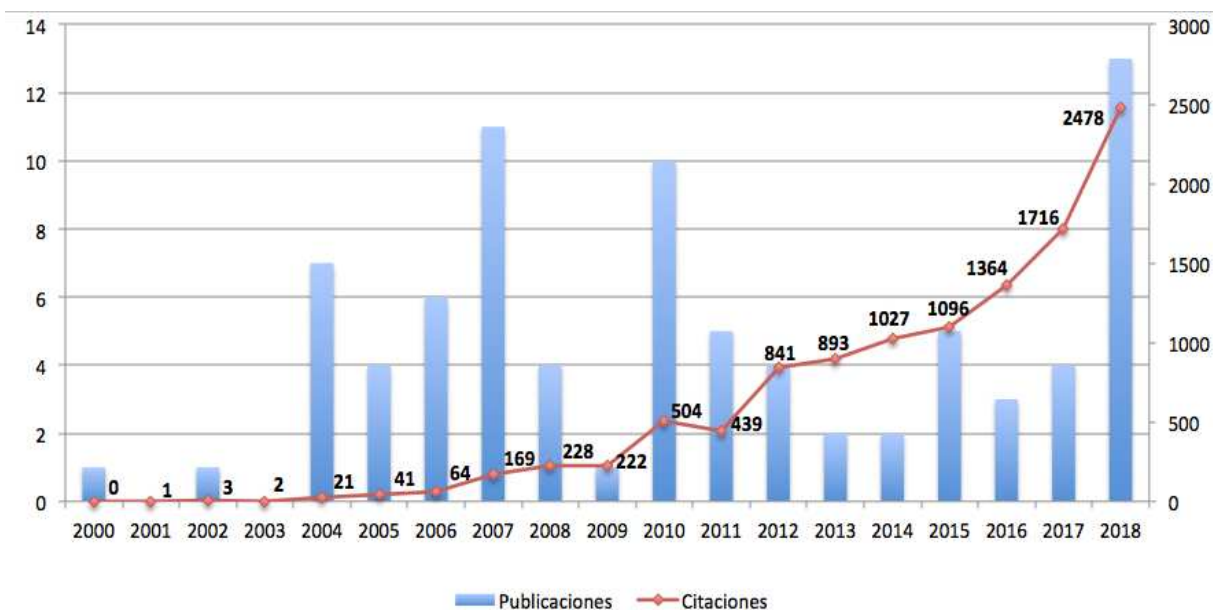
El liderazgo de publicación de artículos es de Frank Geels quien ha sido uno de los pioneros en la formulación de la Perspectiva Multi-Nivel y cuya producción científica ha estado enfocada en esta temática y en realizar nuevos aportes teóricos y metodológicos para consolidar este marco teórico-conceptual.

El segundo lugar es ocupado por el profesor Johan Schot quien ha sido uno de los principales pioneros en los estudios de transición, ex-director del SPRU y profesor de Historia de la Tecnología y de Estudios de Transiciones hacia la Sustentabilidad. Actualmente coordina la Red de Investigación *Transformative Innovation Policy Consortium* (TIPC), la cual tiene como objetivo analizar los sistemas de innovación de los países miembros, los cuales se encuentran en transiciones profundas y explorar el futuro de las políticas de innovación para resolver problemas sociales y económicos urgentes. Este proyecto implica la construcción de nuevas plataformas para un proceso de aprendizaje entre países del norte y del sur. Los países fundadores de la red TIPC son Colombia, Noruega y Suráfrica y posteriormente se unieron Suecia y Finlandia (SCHOT, 2018).

El tercer lugar le corresponde al profesor Rob Raven de la *Utrecht University* y *Copernicus Institute of Sustainable Development* de Holanda, quien lidera la temática de Instituciones y Transiciones Sociales y ha realizado importantes contribuciones la Perspectiva Multi-Nivel, la noción de experimentación socio-técnica y la perspectiva gobernanza de la Gestión Estratégica de Nichos, con enfoque en las transiciones de la movilidad y ciudades inteligentes.

La profesora Niki Frantzeskaki de la *Erasmus University Rotterdam*, ocupa el cuarto lugar en las publicaciones y actualmente trabaja en el Instituto DRIFT (*The Dutch Research Institute for Transitions*), donde coordina varias investigaciones relacionadas con la gobernanza ambiental y las transiciones hacia la sustentabilidad urbana.

Considerando la importancia del trabajo de Frank Geels en la formulación de la Perspectiva Multi-Nivel, en el siguiente gráfico se presenta el número de sus publicaciones y el número de citas recibidas, lo que permite observar el impacto de sus publicaciones, lo que a su vez, puede ser una aproximación del impacto de este marco analítico-conceptual. En el período 2000-2018, Geels publicó 83 artículos, los cuales fueron citados en 11.109 veces en 5.378 documentos. El aumento del número de citas evidencia que el trabajo de este autor es un referente a nivel internacional para entender las Transiciones hacia la Sustentabilidad y para la aplicación de casos de estudio utilizando la Perspectiva Multi-Nivel.

Gráfico 7.4. Artículos publicados y citas recibidas por Frank Geels (2001-2018)

Fuente: Base de datos *Scopus*, herramienta de análisis: *view citation overview*.

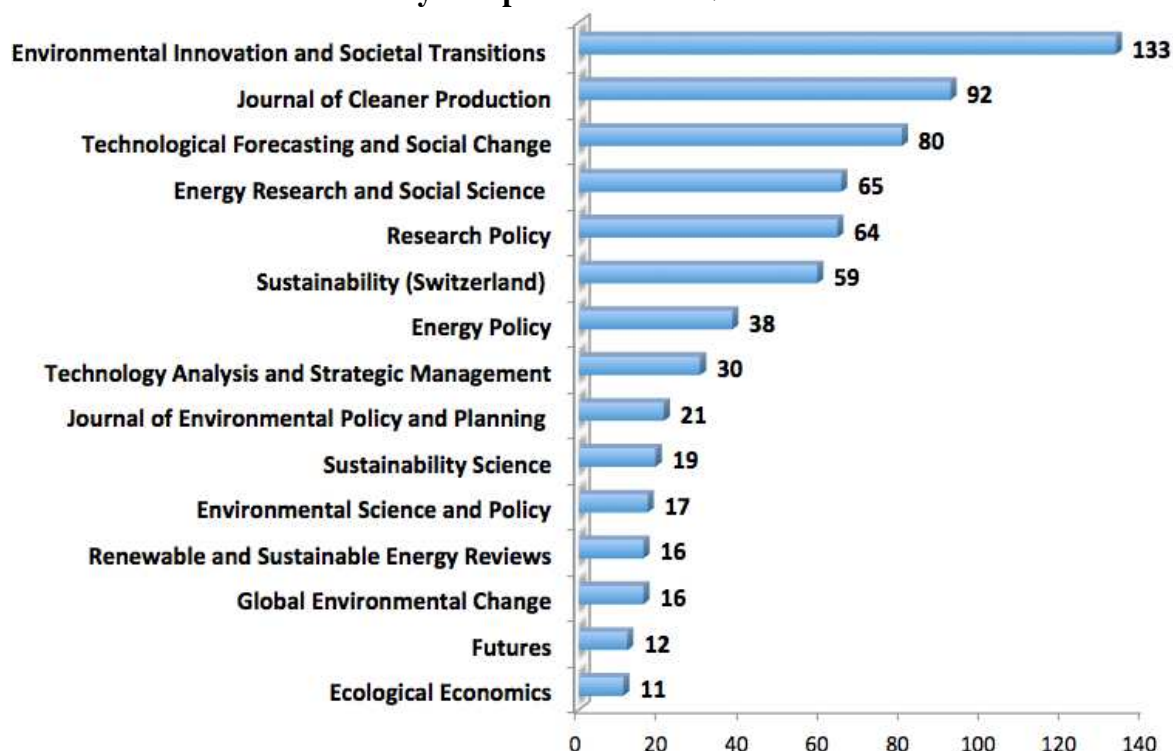
Principales Revistas de Publicación

La principal revista de publicación de artículos relacionados con Transiciones hacia la Sustentabilidad es “*Environmental Innovation and Societal Transitions*”. Esta Revista es relativamente reciente, ya que fue lanzada en el año 2011 y su objetivo principal es “*contribuir con ideas sobre la formulación y la implementación de estrategias y políticas públicas destinadas a resolver las barreras fundamentales para innovaciones ambientales y transiciones hacia la sostenibilidad, ya sean de tipo económico, social, político o social*” (VAN DEN BERGH; TRUFFER; KALLIS, 2011).

Así, esta revista ha sido fundamental para impulsar las investigaciones de las Transiciones hacia la Sostenibilidad en sectores como energía, transporte, agricultura, movilidad, gestión del agua, entre otras con aplicaciones a nivel regional y local.

Las demás revistas que lideran el número de publicaciones de artículos relacionados con Transiciones hacia la sustentabilidad, son ampliamente reconocidas por la comunidad académica en temas de Ciencia, Tecnología, Innovación, Medio Ambiente, Políticas Energéticas y Prospectiva Tecnológica. En el siguiente gráfico se presentan las principales revistas y el número de artículos publicados.

Gráfico 7.5. Principales Revistas de Publicación en Transiciones hacia la Sustentabilidad y Perspectiva Multi-Nivel



Fuente: Base de datos *Scopus*, procesamiento *Orbit Intellixir*.

Es importante resaltar que durante el 2017, algunas de estas revistas han editado ediciones especiales enfocadas en las Transiciones hacia la Sustentabilidad: “*Policy mixes for energy Transitions*” (*Energy Research & Social Science*); “*Sustainability transition in developing countries*” (*Environmental Science and Policy*); “*Experimentation for climate change solutions*” (*Journal of Cleaner Production*); y “*Energy Transitions*” (*Nature*) (KÖHLER et al., 2017).

Artículos con mayor número de citaciones

En relación a los artículos más citados, continúan destacándose los artículos de Frank Geels, por ser el autor que planteó el concepto de Perspectiva Multi-Nivel como un marco conceptual integrador y multidisciplinar. De hecho su artículo seminal “*Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study*” pasó de tener 258 citaciones en el 2011 para 1.779 citaciones en el año 2018, por lo que se considera un referente clave para quienes estudian esta temática. Los demás artículos de Geels que aparecen con mayor número de citaciones, también son claves para entender los

principales conceptos asociados a la Perspectiva Multi-Nivel y su aplicación en casos de estudio. En la siguiente tabla se presentan los artículos con mayor número de citaciones.

Tabla 7.1. Artículos con mayor número de citaciones en Transiciones hacia la Sustentabilidad y Perspectiva Multi-Nivel

Fecha	Título del Artículo	Autores	Citaciones (Hasta 2018)
2002	<i>Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A Multi-Level Perspective and a case-study</i>	F.W Geels	1.779
2007	<i>Typology of sociotechnical transition pathways</i>	F.W Geels; J. Schot	1.386
1998	<i>Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management</i>	R. Kemp; J. Schot R. Hoogma	1.099
2004	<i>From sectorial systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory</i>	F.W Geels	1.122
2005	<i>The governance of sustainable socio-technical transitions</i>	A. Smith; A. Stirling; F. Berkhout	839
2012	<i>Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects</i>	J. Markard R. Raven B. Truffer	670
2011	<i>The Multi-Level Perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms</i>	F.W Geels	571
2008	<i>Strategic niche management and sustainable innovation journeys: Theory, findings, research agenda, and policy</i>	J. Schot; F.W. Geels	565
2010	<i>Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the Multi-Level Perspective and its challenges</i>	A. Smith; J.P. VoB J. Grin	531
2005	<i>Technological transitions and system innovations: A co-evolutionary and socio-technical analysis</i>	F.W Geels	502

Fuente: Base de datos *Scopus*, procesamiento *Orbit Intellixir*.

Otro artículo de gran interés para entender el papel de la gobernanza en las transiciones para la sustentabilidad es “*The governance of sustainable socio-technical transitions*” de A. Smith, A. Stirling y F. Berkhout. En este artículo, se hace un especial al papel de la gobernanza y de la agencia, a través de la introducción del concepto de pertenencia al régimen, las interdependencias de recursos y las expectativas de los actores, cuya coordinación e interacción son claves para los procesos de transformación.

Principales conceptos

Para finalizar el ejercicio bibliométrico asociado con los artículos de las Transiciones hacia la Sustentabilidad y la Perspectiva Multi-Nivel, la siguiente figura presenta los principales conceptos identificados a partir de las palabras-clave, los cuales evidencian las diferentes temáticas abordadas en los artículos.

Figura 7.2. Principales conceptos asociados a los artículos de Transiciones hacia la Sustentabilidad y Perspectiva Multi-Nivel



Fuente: Base de datos *Scopus*, procesamiento *Orbit Intellixir*.

Se resaltan los términos asociados a las Transiciones como: Transiciones hacia la Sustentabilidad, Transiciones Socio-Técnicas, Transiciones de bajo carbono y a los diferentes componentes y características de la Perspectiva Multi-Nivel como Sistemas Socio-Técnicos, Regímenes Socio-Técnicos, Innovaciones de Sistema, Gobernanza, Co-Evolución, *Lock-in*, Aprendizaje y Cambio Tecnológico. Además, se evidencian conceptos asociados al carácter transdisciplinario de este marco, relacionados con la innovación, toma de decisiones y aspectos económicos, sociales, tecnológicos.

Hay un grupo de términos asociados al Desarrollo Sustentable como cambio climático, impacto medio ambiental, recursos renovables, emisiones de carbono, energías renovables, eficiencia energética, lo que evidencia el enfoque medio ambiental de este marco teórico-conceptual.

Aunque esta búsqueda hizo especial énfasis en la Perspectiva Multi-Nivel, también aparecen conceptos asociados a otros estudios de transición como Gestión de la Transición, Gestión Estratégica de Nichos y Sistemas Tecnológicos de Innovación, lo que indica la interrelación entre estos diferentes enfoques, los cuales comparten puntos en común como el carácter sistémico, la participación de múltiples actores, importancia del aprendizaje y la visión de largo plazo.

Finalmente, aparecen conceptos asociados a las aplicaciones de la Perspectiva Multi-Nivel como Transporte, movilidad, industria automovilística, vehículos eléctricos, biocombustibles, energías renovables, energía solar, energía eólica, gestión del agua, agricultura, planificación urbana, ciudades, electricidad, políticas energéticas, entre otras.

De esta manera, este análisis bibliométrico, evidencia la importancia y crecimiento de los estudios asociados a las Transiciones hacia la Sustentabilidad y a la Perspectiva Multi-Nivel, lo que ha permitido consolidar una comunidad académica alrededor de estas temáticas, con universidades, centros de I&D, investigadores y revistas académicas especializadas, como “*Environmental Innovation and Societal Transitions*”.

Es importante resaltar que los Estudios de Transición, cuentan con una red de colaboración denominada *Sustainable Transitions Research Network (STRN)*, la cual tiene más de 1.500 académicos interesados en estas temáticas y funciona como una plataforma de intercambio de resultados de investigación, promoción de proyectos colaborativos, programas de capacitación y oportunidades académicas. Los principales grupos temáticos son: Ph.D en transición, modelos para las transiciones y transiciones en países emergentes y en desarrollo.

Además, esta red tiene una agenda de investigación que incluye las siguientes temáticas: i) Poder, agencia y política en las transiciones; ii) Gobernanza en las transiciones; iii) Sociedad civil, cultura y movimientos sociales en las transiciones; iv) Organizaciones e industrias en las transiciones hacia la sustentabilidad; v) Transiciones en la práctica y en la vida diaria; vi) Geografía de las Transiciones: espacio, escalas, lugares; vii) Aspectos éticos de las transiciones: distribución, justicia y pobreza; viii) Metodologías para la investigación de las transiciones. Esta red publica cuatro veces por año un informe con los artículos, libros,

eventos, llamadas para publicación en revistas, noticias, disertaciones y tesis de doctorado relacionadas con las Transiciones hacia la Sustentabilidad (STRN, 2018).

Para el caso de Brasil, el día 23 de Agosto de 2018 en la Universidad Positivo de la ciudad de Curitiba, fue lanzada la Red de Transiciones hacia la Sustentabilidad para Brasil (*Sustainability Transitions Brazil Research Network*), evento en el cual la autora tuvo la oportunidad de participar. Esta red hace parte del grupo temático *Global South* de la STRN, el cual es liderado por la profesora Anna Wieczorek y es coordinada en Brasil por el Profesor Marcelo Tete de la Universidad Federal de Goiás. Esta red cuenta hasta el momento con 60 investigadores de diferentes universidades y centros de investigación de Brasil, lo cual se constituye como una gran oportunidad para compartir experiencias, investigaciones y trabajos académicos sobre estudios de transición en países emergentes como Brasil.

ANEXO A. LISTA DE EVENTOS ACADÉMICOS Y SECTORIALES

Fecha	Evento	Organización	Ciudad
05/12/18	Oficina: “Mapeando Desafios da Eletromobilidade no Transporte Público”	Promob-E-GIZ-WRI	São Paulo
17/09/18-19/09/18	“Veículo Elétrico Latino-Americano – 14ª Plataforma Latino-Americana de Veículos Híbridos-Eléctricos, Componentes e Novas Tecnologias”	ABVE	São Paulo
27/08/18-30/08/18	“Green Your Bus Ride: Decarbonizing for a Sustainable Future”	Banco Mundial, WRI, GIZ	Foz de Iguaçu
23/08/18	“Transições Sócio-Técnicas para a Sustentabilidade”	Universidade Positivo	Curitiba
13/08/18	Workshop de presentación de resultados “Projeto Ônibus Limpos”	Banco Mundial-Steer	São Paulo
31/07/18	“Feira Latino-americana do Transporte Lat. Bus Transpúblico. Seminário Nacional NTU 2018”	NTU	São Paulo
11/06/18-14/06/18	“26th Gerpisa International Colloquium 2018: Who drives the change? New and traditional players in the global automotive sector”	Gerpisa/USP	São Paulo
24/05/18	“Audiência Pública CONAMA sobre Padrões da Qualidade do Ar”	PROAM (Instituto Brasileiro de Proteção Ambiental)	São Paulo
09/05/18	“Seminário Internacional Eletromobilidade aplicada ao Transporte Público por Ônibus: Desafios, Benefícios e Oportunidades”	Ministério das Cidades	Brasília
08/05/18	Workshop de validación del estudio “Cenário Internacional de Políticas Públicas para Veículos Elétricos em Frotas Públicas e Cativas em Áreas Urbanas”	MDIC-GIZ	Brasília
06/04/17	“Inauguração da fábrica de chassis de ônibus elétricos da BYD”	BYD	Campinas
05/12/17-06/12/17	“Seminário Como viabilizar um Transporte Coletivo de Qualidade”	WRI	São Paulo
26/10/17	Presentación de los resultados del “Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG)”	Observatório do Clima	São Paulo
19/10/17-20/10/17	“Fórum Brasil-Alemanha de Mobilidade Elétrica”	GIZ	São Paulo
18/10/17	“Simpósio SAE Brasil Veículos elétricos e híbridos”	SAE	São Paulo
21/09/17-23/09/17	“XIII Salão Latino-Americano do Veículo Elétrico”	ABVE	São Paulo
14/06/17-16/06/17	“25th Gerpisa International Colloquium 2017. R/Evolutions. New technologies and services in the automotive industry”	Gerpisa	París, Francia
30/05/17	“Financiamento da Transformação da Matriz Energética dos ônibus urbanos”	Secretaria de Mobilidade e Transportes, SP	São Paulo
27/05/17	“1 Dia da Mobilidade Elétrica”	ABVE	São Paulo
27/04/17	“Seminário de Propulsões Alternativas: Aplicações atuais e futuras nas novas propulsões”	AEA	São Paulo

15/03/17	Workshop de resultados del Proyecto: “Viabilidade da criação de um cluster de mobilidade elétrica no Brasil: caracterização da cadeia de valor e das políticas regulatórias e de incentivo”	LEVE	Campinas
24/11/16	“Simpósio SAE Brasil Veículos elétricos e híbridos”	SAE	São Paulo
20/11/16- 22/11/16	XXIX Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica ANPAD.	ANPAD	São Paulo
16/11/16	“Encontro AEA do Conhecimento Técnico”	AEA	São Paulo
28/09/16	“II Workshop de Mobilidade Elétrica-Emotive”	CPFL	Campinas
20/09/16	“Workshop: Alternativas tecnológicas sustentáveis para ônibus urbanos”	USP	São Paulo
01/09/16- 03/09/16	“XII Salão Latino-americano do Veículo Elétrico”	ABVE	São Paulo
01/06/16- 03/06/16	“24th International Colloquium of Gerpisa 2016. The “New frontiers” of the world automotive industry: technologies, applications, innovations and markets”	Gerpisa	Puebla, México
28/04/16	“Seminário de propulsões alternativas. Desafios e experiências na implementação das propulsões alternativas no Brasil”	AEA	São Caetano do Sul
17/11/15	“Congresso SAE Veículos Elétricos e Híbridos”	SAE	São Paulo
19/10/15- 22/10/15	“XVI Congresso Latino-Iberoamericano de Gestão da Tecnologia, ALTEC 2015, Inovação para além da tecnologia”	ALTEC	Porto Alegre
28/09/15	“I Workshop de Mobilidade Elétrica-Emotive”	CPFL	Campinas
22/09/15- 24/09/15	“24 Congresso e mostra internacionais SAE Brasil de tecnologia da mobilidade 2015”	SAE	São Paulo
24/09/15- 16/09/15	“XI Salão Latino-americano do Veículo Elétrico”	ABVE	São Paulo