



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**EXPECTATIVAS DE LOS
COMBUSTIBLES USADOS POR EL
AUTOTRANSPORTE EN MÉXICO, EN
LOS PRÓXIMOS AÑOS**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniera Mecánica

P R E S E N T A N

Ana Cristina Bassoco Hernández

Catherine Melisa Juárez Lozano

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Rogelio González Oropeza



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

Agradecimientos.

Con profunda estima y reconocimiento, extendo la más sincera gratitud al Doctor Rogelio González por su dedicación docente y guía en el proceso de esta tesis, así como al apoyo del Doctor Elías Granados quienes fueron un pilar fundamental para la terminación y el enriquecimiento de esta tesis.

También agradezco al programa de becas Elisa Acuña y al PAPIIT por brindarme el apoyo necesario para impulsar y concluir mi trabajo.

Extendiendo esta gratitud a mi casa de estudios la UNAM, la Facultad de Ingeniería y por último, pero no menos importante agradecimiento enorme a mi familia que me apoyo en todo momento para poder cumplir este logro, principalmente mis padres Porfirio Bassoco y Rocío Hernández, ya que sin su apoyo incondicional, no habría logrado todas las metas que me he propuesto a lo largo de mi vida, los amo con todo mi corazón, también agradezco a mi pareja Joshua A. Sandoval por ser mi pilar y mi apoyo incondicional.

Ana Cristina Bassoco Hernández.

Papá espero que donde quiera que estés, te encuentres orgulloso de la persona en la que me he convertido. Gracias por impulsarme y hacerme ver que podía hacer todo lo que me propusiera y que no tenía ninguna limitación para lograrlo.

Mamá, gracias por enseñarme que las cosas se logran con esfuerzo y dedicación, por no dejarme sola todos estos años y por todos los sacrificios que hiciste para que lograra llegar hasta aquí.

A mi abuelita, gracias por cuidarme todos estos años y por impulsarme a ser mejor persona y mejor profesionista, por guiarme en la vida y estar ahí siempre.

Quiero expresar mi agradecimiento a los amigos y amigas que me guiaron en la Facultad De Ingeniería, durante todos estos años no me permitieron rendirme y me apoyaron cuando se presentaban dificultades, que me acompañaron a estudiar, que compartieron momentos conmigo y que estuvieron ahí de principio a fin, son lo mejor que me llevo de este camino.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme desarrollarme profesionalmente, a los profesores que me enseñaron mucho más en la vida que las asignaturas que impartían, especialmente al Doctor Rogelio González por guiarnos en este proyecto y al Doctor Elías Granados por apoyarnos en todo el proceso.

Catherine Melisa Juárez Lozano.

Índice

Introducción	11
Definición de combustible y expectativas generales de los Combustibles para Transporte	11
Antecedentes.	12
Objetivos de la tesis.	13
Capítulo 1. Situación actual de los combustibles para el autotransporte y su logística de distribución. 14	
1.1 Los combustibles en el mundo	14
1.2 Clasificación de los combustibles	16
Hidrocarburos	17
Combustibles fósiles	18
Biocombustibles	18
1.3 Combustibles utilizados en México	19
Tipos de combustibles utilizados en México.	19
1.4 Logística de distribución en México	21
Estaciones de servicio (gasolineras) en México	21
Capítulo 2. Parque vehicular actual.	23
2.1 Datos Nacionales del Parque vehicular.....	23
2.2 Tecnologías del Tren Motriz	24
2.2.1 Convencional (sistemas de combustión interna)	24
Funcionamiento	25
Eficiencia	25
2.2.2 Híbrido	26
Funcionamiento	27
Eficiencia económica y energética de los autos híbridos.	27
2.2.3 Eléctrico	27
Funcionamiento	27
Estaciones para carga en México	28
Eficiencia económica y energética de los autos eléctricos.	28
Autos eléctricos disponibles en México.	30
2.3 Composición del parque vehicular en México, atendiendo a	31
la tecnología de su tren motriz.	31

Capítulo 3. Expectativas de la demanda de combustibles para los años 30's y 40's en México.	32
3.1 Técnicas disponibles para la proyección de la situación de los combustibles en México en las siguientes décadas.	32
3.1.1 Gompertz	32
3.1.2 Bertalanffy	33
3.1.3 Regresión Logística	34
3.2.1 Población	35
3.2.2 Producto Interno Bruto (PIB)	36
3.2.3 Parque Vehicular	36
Capítulo 4. Impacto medioambiental de las emisiones por transporte.	37
4.1 Acuerdos de París sobre la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero	37
4.2 Propuestas para reducir emisiones de gases de efecto invernadero en México	38
Programa para Prevenir y Responder a Contingencias Ambientales Atmosféricas en la Ciudad de México	38
Programa de Prueba del Sistema de Comercio de Emisiones	38
Programas de Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable	39
Hoy no circula	39
Ecobici	41
4.3 Acciones de otros países en transporte terrestre para disminuir sus emisiones de gases de efecto invernadero.	41
Gratuidad del transporte	41
Transporte Eficiente	42
Capítulo 5 Metodología.	43
5.1 Elección del modelo matemático.	43
5.2 Estimación del Parque Vehicular Total	46
5.3 Estimación del consumo de energía	49
Capítulo 6 Resultados.	51
6.1 Total de Automóviles por zona geográfica.	51
6.2.1 Automóviles por tipo de tecnología escenario RTS (Variable Baja)	53
6.2.2 Consumo de Combustible en Litros Equivalentes de Gasolina, escenario RTS (Variable Baja)	55
6.3.1 Automóviles por tipo de tecnología escenario 2DS (Variable Baja)	57
6.3.2 Consumo de Combustible en Litros Equivalentes de Gasolina escenario 2DS (Variable Baja)	59

6.4 Automóviles por tipo de tecnología escenario B2DS (Variable Baja)	61
6.4.1 Consumo de Combustible en Litros Equivalentes de Gasolina escenario 2BDS (Variable Baja)	63
Análisis de Resultados	65
Conclusiones	66
Apéndices	68
Bibliografía y Referencias	109
Tabla 1 Combustibles de Uso Industrial	16
Tabla 2 Clasificación de Combustibles.....	19
Tabla 3 Consumo de energía en el sector transporte.....	21
Tabla 4 Electrolinerías utilizadas en México.....	30
Tabla 5 Autos eléctricos disponibles en México.....	31
Tabla 6 Composición del parque vehicular en México.....	31
Tabla 7 Modelos matemáticos de propiedad vehicular	43
Tabla 8 Modelos matemáticos de propiedad vehicular y sus parámetros ajustados.....	45
Tabla 9 Contenido energético de los combustibles.....	50
Tabla 10 Datos históricos de Población, PIB y Parque Vehicular en la Ciudad de México de 1990 a 2020.....	68
Tabla 11 Millones de Automóviles por zona geográfica de 2020 a 2050 en intervalos de 5 años....	70
Tabla 12 Millones de Automóviles por zona geográfica de 2020 a 2050 en intervalos de 5 años....	70
Tabla 13 Millones de Automóviles por zona geográfica de 2020 a 2050 en intervalos de 5 años....	70
Ilustración 1 Datos del banco Mundial para el año 2016, se muestran los países con mayores emisiones a nivel internacional de CO ₂ a partir de combustibles fósiles (Banco Mundial, 2023)....	14
Ilustración 2 Mapa sobre el consumo de Energía procedente de combustibles fósiles (% del total) (Banco Mundial, 2023)	15
Ilustración 3 Combustibles renovables y residuos (% del total de Energía) (Banco Mundial, 2023)	16
Ilustración 4 Total nacional de vehículos.....	23
Ilustración 5 Funcionamiento de motor de combustión interna. (Portal mecánico, 2022)	24
Ilustración 6 Funcionamiento de un auto híbrido. (Ingeniería y mecánica automotriz, 2019).....	26
Ilustración 7 Emisiones que generan los automóviles con distinto tipo de combustible. (CFE,2020)	28
Ilustración 8 Gráfico de comparación entre automóvil a gasolina y automóvil eléctrico (CFE,2020)	29
Ilustración 9 Tipos de facturación de los automóviles eléctricos. (CFE,2020)	29
Ilustración 10 Población total y tasa de crecimiento promedio anual, 1985-2020 (INEGI, 2020). ...	35
Ilustración 11 Funcionamiento del programa “Hoy no circula” (SEDEMA,2022).....	40
Ilustración 12 Funcionamiento del programa “Hoy no circula sábado” (SEDEMA,2022)	40
Ilustración 13 Ejemplo del uso de la aplicación SOLVER en Excel 2010.	44
Ilustración 14 Relación de ajuste entre los datos históricos y del modelo seleccionado. Se logra observar como el modelo ajustado empalma casi por completo con los datos históricos con los que se cuenta.	45

Ilustración 15 Proyecciones del parque vehicular total final.	47
Ilustración 16 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050.....	51
Ilustración 17 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050.....	52
Ilustración 18 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050.....	52
Ilustración 19 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMIG ...	53
Ilustración 20 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMEL ...	54
Ilustración 21 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMPH ..	54
Ilustración 22 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMIG ...	55
Ilustración 23 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMEL ...	56
Ilustración 24 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMPH ..	56
Ilustración 25 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMIG...	57
Ilustración 26 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMEL ...	58
Ilustración 27 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMPH ..	58
Ilustración 28 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMIG	59
Ilustración 29 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMEL	60
Ilustración 30 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMPH	60
Ilustración 31 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMEL	61
Ilustración 32 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMIG	62
Ilustración 33 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMPH	62
Ilustración 34. Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMIG.	63
Ilustración 35 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMEL	64
Ilustración 36 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMPH	64
Ilustración 37 Millones de Automóviles por zona geográfica en intervalos de 5 años de 2020 a 2050	71
Ilustración 38 Millones de Automóviles por zona geográfica en intervalos de 5 años de 2020 a 2050	71
Ilustración 39 Millones de Automóviles por zona geográfica en intervalos de 5 años de 2020 a 2050	72
Ilustración 40 Tasa media de crecimiento de combustibles en fracción porcentual de 2020 a 2050	72
Ilustración 41 Millones de Automóviles AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050	73
Ilustración 42 Millones de Automóviles AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050.....	73
Ilustración 43 Millones de Automóviles AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050.....	73
Ilustración 44 Millones de Automóviles AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050.....	73
Ilustración 45 Millones de Automóviles AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050	73
Ilustración 46 Millones de Automóviles AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050	73
Ilustración 47 Millones de Automóviles AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050	74

Ilustración 93	Millones de Automóviles AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050	83
Ilustración 94	Millones de Automóviles AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050	83
Ilustración 95	Millones de Automóviles AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050	83
Ilustración 96	Millones de Automóviles AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050	83
Ilustración 97	Millones de Automóviles AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050	84
Ilustración 98	Millones de Automóviles AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050	84
Ilustración 99	Millones de Automóviles AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050	84
Ilustración 100	Millones de Automóviles AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050	84
Ilustración 101	Millones de Automóviles AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050	85
Ilustración 102	Millones de Automóviles AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050	85
Ilustración 103	Millones de Automóviles AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050	85
Ilustración 104	Millones de Automóviles AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050	85
Ilustración 105	Millones de Automóviles AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050	85
Ilustración 106	Millones de Automóviles AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050	85
Ilustración 107	Millones de Automóviles AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050	86
Ilustración 108	Millones de Automóviles AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050	86
Ilustración 109	Millones de Automóviles AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050	86
Ilustración 110	Millones de Automóviles AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050	86
Ilustración 111	Millones de Automóviles AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050	87
Ilustración 112	Millones de Automóviles AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050	87
Ilustración 113	Millones de Automóviles AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050	87
Ilustración 114	Millones de Automóviles AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050	87
Ilustración 115	Millones de Automóviles AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050	87
Ilustración 116	Millones de Automóviles AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050	87
Ilustración 117	Millones de Automóviles AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050	88
Ilustración 118	Millones de Automóviles AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050	88
Ilustración 119	Millones de Automóviles AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050	88
Ilustración 120	Millones de Automóviles AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050	88
Ilustración 121	Millones de Automóviles AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050	89
Ilustración 122	Millones de Automóviles AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050	89
Ilustración 123	Millones de Automóviles AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050	89
Ilustración 124	Millones de Automóviles AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050	89
Ilustración 125	Millones de Automóviles AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050	89
Ilustración 126	Millones de Automóviles AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050	89
Ilustración 127	Millones de Automóviles AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050	90
Ilustración 128	Millones de Automóviles AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050	90
Ilustración 129	Millones de Automóviles AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050	90
Ilustración 130	Millones de Automóviles AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050	90
Ilustración 131	Millones de Litros Equivalentes AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050	91
Ilustración 132	Millones DE Litros de Gasolina AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050	91
Ilustración 133	Millones de Litros AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050	91
Ilustración 134	Millones de Litros Equivalentes AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050	91
Ilustración 135	Millones de Litros Equivalentes AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050	91
Ilustración 136	Millones de Litros Equivalentes AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050	91
Ilustración 137	Millones de Litros AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050	92

Ilustración 183	Millones de Litros Equivalentes AMCI GL por zona geográfica de 2020 a 2050 ...	101
Ilustración 184	Millones de Litros Equivalentes AMCI GN por zona geográfica de 2020 a 2050...	101
Ilustración 185	Millones de Litros Equivalentes AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050	101
Ilustración 186	Millones de Litros AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050.....	101
Ilustración 187	Millones de Litros AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050.....	102
Ilustración 188	Millones de Litros Equivalentes AMHE D por zona geográfica de 2020 a 2050	102
Ilustración 189	Millones de Litros Equivalentes AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050	102
Ilustración 190	Millones de Litros Equivalentes AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050	102
Ilustración 191	Millones DE Litros de Gasolina AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050	103
Ilustración 192	Millones de Litros Equivalentes AMCI D por zona geográfica de 2020 a 2050	103
Ilustración 193	Millones de Litros Equivalentes AMCI GN por zona geográfica de 2020 a 2050...	103
Ilustración 194	Millones de Litros Equivalentes AMCI GL por zona geográfica de 2020 a 2050 ...	103
Ilustración 195	Millones de Litros AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050.....	103
Ilustración 196	Millones de Litros Equivalentes AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050	103
Ilustración 197	Millones de Litros AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050.....	104
Ilustración 198	Millones de Litros Equivalentes AMHE D por zona geográfica de 2020 a 2050	104
Ilustración 199	Millones de Litros Equivalentes AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050	104
Ilustración 200	Millones de Litros Equivalentes AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050	104
Ilustración 201	Millones DE Litros de Gasolina AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050	105
Ilustración 202	Millones de Litros Equivalentes AMCI D por zona geográfica de 2020 a 2050	105
Ilustración 203	Millones de Litros Equivalentes AMCI GN por zona geográfica de 2020 a 2050...	105
Ilustración 204	Millones de Litros Equivalentes AMCI GL por zona geográfica de 2020 a 2050 ...	105
Ilustración 205	Millones de Litros Equivalentes AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050	105
Ilustración 206	Millones de Litros AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050.....	105
Ilustración 207	Millones de Litros AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050.....	106
Ilustración 208	Millones de Litros Equivalentes AMHE D por zona geográfica de 2020 a 2050	106
Ilustración 209	Millones de Litros Equivalentes AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050	106
Ilustración 210	Millones de Litros Equivalentes AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050	106
Ilustración 211	Millones DE Litros de Gasolina AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050	107
Ilustración 212	Millones de Litros Equivalentes AMCI D por zona geográfica de 2020 a 2050	107
Ilustración 213	Millones de Litros AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050.....	107
Ilustración 214	Millones de Litros Equivalentes AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050	107
Ilustración 215	Millones de Litros Equivalentes AMCI GL por zona geográfica de 2020 a 2050 ...	107
Ilustración 216	Millones de Litros Equivalentes AMCI GN por zona geográfica de 2020 a 2050...	107
Ilustración 217	Millones de Litros AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050.....	108
Ilustración 218	Millones de Litros Equivalentes AMHE D por zona geográfica de 2020 a 2050	108
Ilustración 219	Millones de Litros Equivalentes AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050	108
Ilustración 220	Millones de Litros Equivalentes AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050	108
Ecuación 1	.....	32
Ecuación 2	.....	32
Ecuación 3	.....	33
Ecuación 4	.....	33
Ecuación 5	.....	34

Ecuación 6	34
Ecuación 7	46
Ecuación 8	46
Ecuación 9	47
Ecuación 10	48
Ecuación 11	48
Ecuación 12	49
Ecuación 13	50

Expectativas de los combustibles usados por el autotransporte en México, en los próximos años.

Introducción

Definición de combustible y expectativas generales de los Combustibles para Transporte

Según la SENER (Secretaría de Energía) en su Glosario de Términos Usados en el Sector Energético se define un combustible como “[...] cualquier sustancia usada para producir energía calorífica a través de una reacción química o nuclear. La energía se produce por la conversión de la masa combustible a calor.”

El transporte terrestre ha marcado un antes y un después en ámbito de la movilidad de las personas, desde el tiempo de traslado de un punto a otro, la facilidad en la movilidad de objetos y las rutas que se toman en cuenta.

A lo largo de los años se han generado grandes cambios en el sector transporte en México, esto se ve reflejado en las tecnologías que se han empleado en la mayoría de los automóviles que hoy circulan en el país, pues la mayoría se han hecho más eficientes desde las distancias que son capaces de llegar a recorrer, así como en el consumo de combustible que estos llegan a requerir.

El combustible es un tema importante, puesto que ha evolucionado conforme lo ha hecho el sistema de transporte. Si bien en un inicio solo se contaba con vehículos cuya principal fuente de energía era la gasolina, hoy en día existen automóviles que requieren otros tipos de combustibles, como el Gas Licuado de Petróleo (gas LP), el diésel y el gas natural. Estos son combustibles fósiles, pero no solo se demanda este tipo de energéticos. La tecnología ha avanzado a pasos agigantados, ofreciendo nuevas alternativas con una menor huella de carbono y un menor impacto en los ecosistemas. Entre estas alternativas se encuentran los automóviles eléctricos y los híbridos (configuración de un motor de combustión interna con un motor eléctrico), que se han introducido con mayor ímpetu en los últimos años. Cabe recalcar que esto no se limita solo al país, sino que es un tema de interés global.

Debido a la necesidad constante de transporte, se tiene presente que es necesarios saber qué es lo que ocurrirá en los años venideros con el combustible en México, puesto que se debe prever si la demanda de gasolina o combustibles derivados del petróleo van los suficientes para cubrir las necesidades energéticas de la población. Además, se necesita considerar que cambiarán los tipos de combustibles que se utilizarán en el futuro y con esto poder

implementar medidas para no afectar al sector transporte y energético en el país ni al medio ambiente.

Antecedentes.

Una parte importante para empezar a ver hacia el futuro y tratar de predecir lo que se tiene contemplado que suceda con los hidrocarburos en México en los años venideros, es mirar al pasado y analizar la situación que se presentaba en esos momentos, debido a que estos datos dan idea del manejo, distribución y uso de los hidrocarburos, así como de otro tipo de combustibles en el país. Se hace de vital importancia corroborar si las proyecciones que se tenían en otros años con respecto a lo que iba a suceder, coinciden con los registros actuales o si éstas varían en gran o poca medida con lo que se presenta en la actualidad en México, con esto se pretende llegar a obtener proyecciones futuras más certeras para los años siguientes.

Para los hidrocarburos como lo son la gasolina y el diésel se tiene la estimación, a partir del año 2016 acerca de que “en los próximos 15 años se estima que el sector transporte incremente 40.0% la demanda de combustibles al pasar de 1,096 mbdpce en 2015 a 1,534 mbdpce en 2030. Del volumen total de demanda en el sector transporte, en 2030 las gasolinas representan el 57.4% y diésel el 34.5%; resultado de su uso intensivo en el autotransporte.” (SENER, 2022), lo cual se puede concluir que el uso de estos energéticos va en gran aumento, así como también se tiene un incremento del parque vehicular que requiere de este tipo de combustible para su correcto funcionamiento.

Después de analizar estos datos, la SENER estimo que “la composición del parque vehicular a gasolina, entre 2015 y 2030, crezca 31.8%, de tal manera que, de tener un parque vehicular a gasolina de 32.3 millones de unidades en sus diferentes categorías en 2015, se incremente a 42.6 millones de unidades en 2030.” (SENER, 2022) dicho esto se puede deducir que la gasolina y diésel serán los combustibles más utilizados en los próximos años, pues habrá un mayor parque vehicular que se tendrá que abastecer de manera adecuada para evitar el desabasto de dicho combustible, por otra parte, se tienen las siguientes proyecciones con respecto a otras alternativas de combustibles por parte de la SENER “en 2030, se espera que la demanda total de combustibles en el sector eléctrico sea 0.7% mayor respecto de 2015. Las reglas de participación en el Mercado Eléctrico Mayorista, enfocadas a la disponibilidad y eficiencia de las tecnologías de generación, prevé el incremento en el consumo del gas natural, disminuyendo con esto el consumo de combustibles convencionales. Se estima que la demanda del sector eléctrico de combustóleo se reduzca a una tasa media de 24.9%, con lo que, prácticamente, dejara de emplearse en este sector “(SENER,2022), con lo propuesto por la SENER tenemos en claro que el uso de los combustibles fósiles no sólo se ocupan para el sector transporte, sino también para la energía eléctrica, siendo principalmente el gas natural el más empleado, por lo tanto los automóviles que utilizan esta forma de

abastecimiento, electricidad, de manera indirecta estarían consumiendo combustibles fósiles, además se espera que en años venideros aumente la contaminación atmosférica por gases de efecto invernadero y que los países de todo el mundo frente a esta gran problemática ambiental se propongan normativas para combatir dicho inconveniente que afectará a los vehículos con demanda de hidrocarburos, por lo cual se han venido planteando el uso de energías alternas y la construcción de vehículos que no generen estos gases o en todo caso se reduzca en gran medida las emisiones contaminantes, debido a esto se tiene en cuenta que la proyección que se tenía sobre el sector eléctrico puede variar con lo ya estimado pues los requerimientos por los que México está pasando son de gran importancia para el apoyo ambiental.

Objetivos de la tesis.

Objetivo principal.

Determinar los escenarios de la demanda de combustibles y energía eléctrica para el autotransporte en la Ciudad de México, para los años de 2020 a 2050, tomando en cuenta la tecnología del tren motriz, convencional (térmico), híbrido y eléctrico.

Objetivos específicos.

- Evaluar la eficiencia energética de vehículos impulsados por tecnología de combustión interna, híbrida, eléctrica y de celdas de combustible.
- Evaluar la viabilidad de establecer condiciones de infraestructura y logística de suministro de combustibles, estratificada en el tiempo para el uso de tecnologías alternas de tren motriz en el parque vehicular de 2020 a 2050.
- Estimar las emisiones atmosféricas debido a las fuentes móviles de interés, considerando tecnologías tipo híbrido, combustión interna y de celda de combustión.
- Presentar alternativas amigables con el ambiente ante el consumo de combustibles fósiles para la disminución de los gases de efecto invernadero.
- Analizar el avance tecnológico en cuestiones energéticas en el sector automotriz de uso privado
- Observar la tendencia de consumos de combustibles en el mundo para definir ahorros energéticos y disminuir productos contaminantes
- Obtener un modelo que permita predecir el comportamiento del parque vehicular en el país.
- Definir la eficiencia energética actual de los vehículos particulares de autotransporte para analizar su comportamiento en consumo de energía.
- Publicar los resultados de esta tesis, para que pudieran coadyubar en el establecimiento de estrategias en la Ciudad de México y en el país en general, en la transición tecnológica del autotransporte que está ocurriendo en todo el mundo.

Capítulo 1. Situación actual de los combustibles para el autotransporte y su logística de distribución.

En este primer capítulo se abordará la situación actual de los combustibles para el autotransporte, la cual enfrenta diversos desafíos a nivel global, influenciados por fluctuaciones en los precios del petróleo, políticas ambientales cada vez más estrictas, y la creciente demanda de fuentes de energía más sostenibles. En México, la distribución de combustibles juega un papel crucial en la logística de transporte, y se requiere asegurar el abastecimiento a lo largo del territorio nacional. Esta cadena logística se ve afectada por la infraestructura existente, los costos de transporte entre otros factores, lo que plantea la necesidad de optimizar procesos para garantizar eficiencia, sostenibilidad y accesibilidad

1.1 Los combustibles en el mundo

En la Ilustración 1 puede observar las emisiones globales para el año 2016 a partir del consumo de combustibles fósiles líquidos, en el color más oscuro se presentan los países cuyas emisiones son mayores. Se analiza que en el continente americano el país cuyas emisiones son mayores es Estados Unidos. Se utilizó el año 2016 debido a que es el último dato proporcionado por el Banco Mundial en su base de datos.

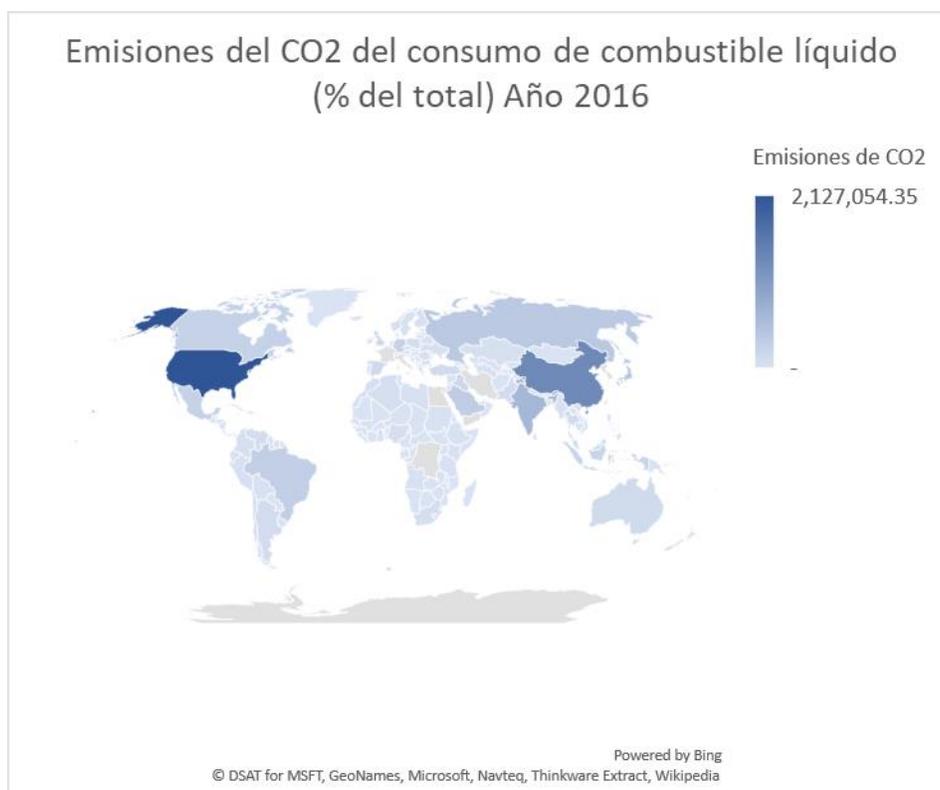


Ilustración 1 Datos del banco Mundial para el año 2016, se muestran los países con mayores emisiones a nivel internacional de CO2 a partir de combustibles fósiles (Banco Mundial, 2023)

En la Ilustración 2 se puede observar el consumo de energéticos procedentes de combustibles fósiles para el año 2015, cuyo es el último registro en la base de datos del Banco Mundial, como se puede observar América del Norte tiene gran consumo de combustibles fósiles, al igual que gran parte de Europa. Los colores grises indican un consumo igual o menor a 11.28 % del total mundial.

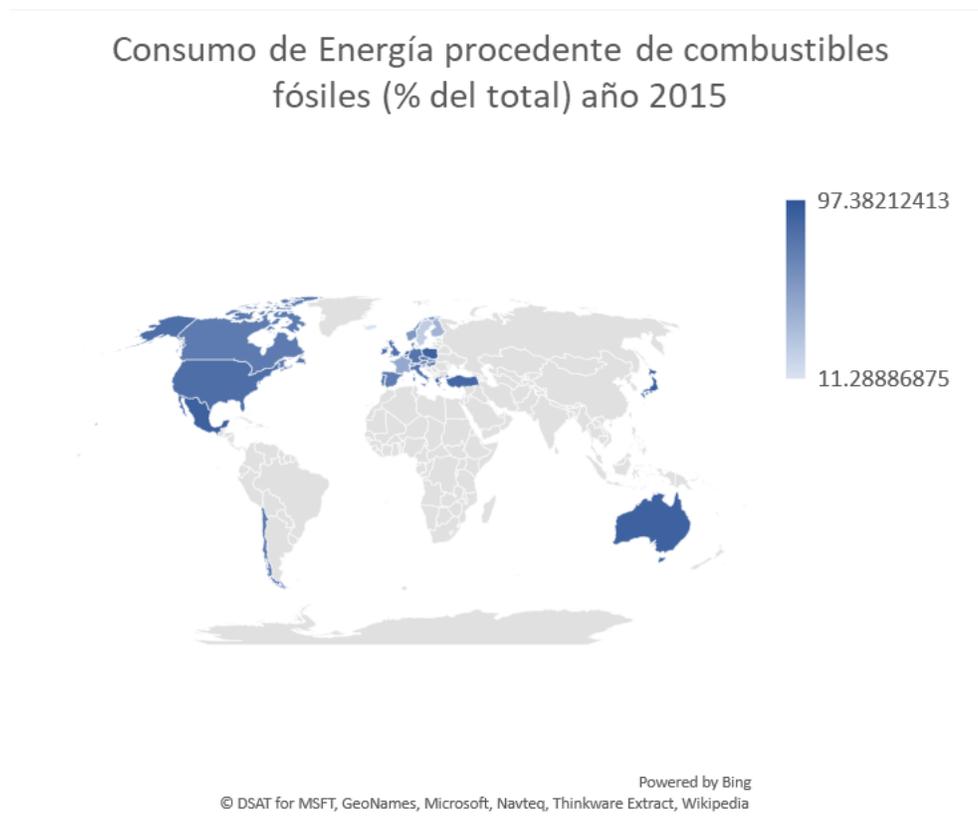


Ilustración 2 Mapa sobre el consumo de Energía procedente de combustibles fósiles (% del total) (Banco Mundial, 2023)

En la Ilustración 3 se puede observar cómo ha ido cambiando el uso de combustibles renovables alrededor del mundo y como han ido siendo una solución para satisfacer las necesidades energéticas de la población sin depender de combustibles fósiles. Los datos se presentan hasta 2015 cuando se realizó la última actualización de la base de datos del Banco Mundial.

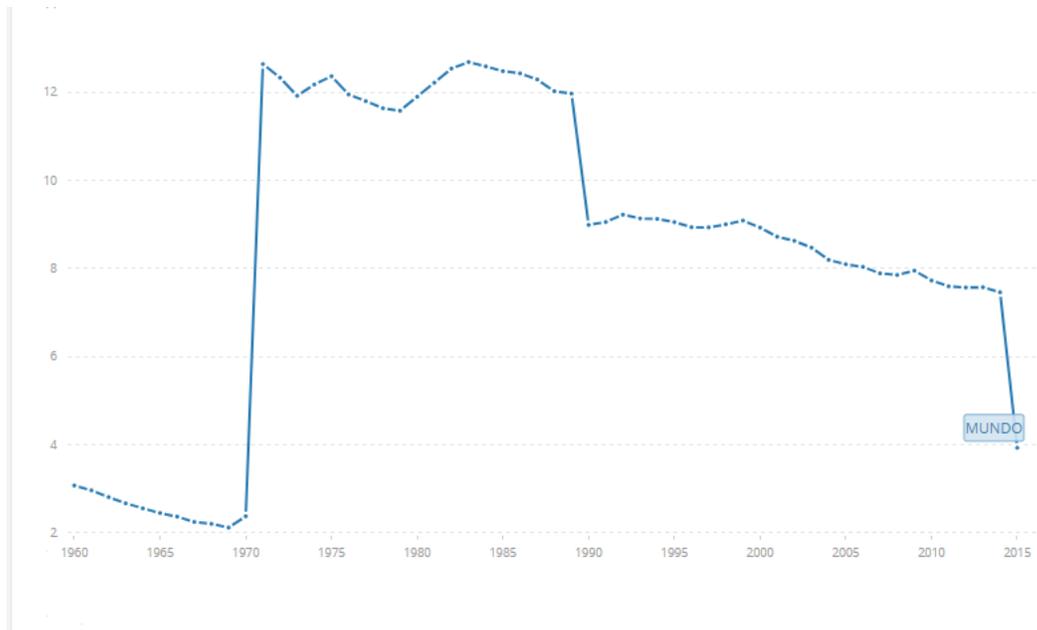


Ilustración 3 Combustibles renovables y residuos (% del total de Energía) (Banco Mundial, 2023)

“Los combustibles renovables y residuos constituyen la biomasa sólida, la biomasa líquida, el biogás, los residuos industriales y municipales, medidos como porcentaje del consumo total de energía” (Banco Mundial, 2023)

1.2 Clasificación de los combustibles

Dentro de los combustibles podemos encontrar la clasificación mostrada en la tabla 1, de acuerdo con su estado de materia, son los combustibles de uso industrial mayormente usados y servirán como una primera clasificación que se irá desglosando posteriormente hasta obtener los combustibles de interés para el estudio.

Tabla 1 Combustibles de Uso Industrial

Sólidos	Naturales	<ul style="list-style-type: none"> • Maderas y residuos vegetales • Carbón
	Artificiales	<ul style="list-style-type: none"> • Coques • Aglomerados y Briquetas • Carbón vegetal

Líquidos	Alcoholes	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Naturales (Fermentación)</i> • <i>Artificiales</i>
	Residuales	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lejías Negras</i>
	Derivados del Petróleo	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Gasóleos</i> • <i>Fuelóleos</i>
Gaseosos	Residuales	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Fuel- Gas</i>
	Gas natural	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Diferentes Familias</i>
	Gas Licuado de petróleo	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Propanos y Butanos</i>
	Artificiales o elaborados	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Gas de alto Horno</i> • <i>Gas de Coque</i> • <i>Gas Pobre</i> • <i>Gas de Agua</i> • <i>Gas Ciudad</i>
	Biogás	

(García,2021)

Nota: Esta tabla muestra la clasificación de los combustibles desde una perspectiva general hacia lo particular, de estos combustibles los que serán de interés para la presente tesis son aquellos que se pueden usar en el sistema de transporte terrestre en nuestro país, que serán señalados en los capítulos posteriores centrandolo la investigación principalmente en combustibles fósiles.

Hidrocarburos

De la Secretaría de Energía se obtiene la siguiente definición de hidrocarburo: “grupo de compuestos orgánicos que contienen principalmente carbono e hidrógeno. Son los compuestos orgánicos más simples y pueden ser considerados como las sustancias principales de las que se derivan todos los demás compuestos orgánicos.” (SENER,2022), en la cual podemos resumir que un hidrocarburo es un compuesto orgánico simple que se puede encontrar en los tres estados de la materia.

Dentro de los hidrocarburos se encuentran dos grandes clasificaciones principales:

- Combustibles fósiles
- Biocombustibles

Combustibles fósiles

Para el desarrollo de esta tesis el tema principal a desarrollar es el de combustibles fósiles, para los cuáles se utilizará su definición y principal clasificación de la que se partirá posteriormente para los análisis y proyecciones realizadas.

“Los combustibles fósiles son una fuente de energía que procede de la descomposición de materia orgánica de animales, plantas y microorganismos, y cuyo proceso de transformación tarda millones de años. Se clasifican en tres tipos -petróleo, carbón y gas natural” (Fundación BBVA,2022)

La clasificación de petróleo, carbón y gas natural se da a partir del estado de la materia en el que se encuentra el combustible.

Biocombustibles

También, dentro de los diversos combustibles se tienen los llamados biocombustibles, los cuales tienen su base en sustancias orgánicas. (COMOVES, UNAM, 2014)

“Considera que por el impacto que genera el sector transporte (ST) en el clima, pero también en la calidad del aire, entre otras implicaciones de carácter socioambiental y de seguridad energética, se ha propuesto como alternativa no sólo el uso de tecnologías para aumentar la eficiencia energética, sino también el desarrollo de nuevos combustibles, en principio más sustentables: los biocombustibles.” (COMOVES, UNAM, 2014).

Hay diferentes fuentes de producción para los biocombustibles, entre ellos la palma de aceite, (COMOVES, UNAM,2014) esta clase de combustibles aún no es de gran uso comercial, pero se espera que pueda ser una alternativa energética en los siguientes años, pero aún se deben considerar condiciones de monocultivo, por el uso de suelo, crisis alimenticias, entre otras.

Debido al avance tecnológico, y el poco uso de los biocombustibles en el sector automotriz se utilizará el término “hidrocarburo” como sinónimo de “combustible fósil” en el desarrollo de esta tesis.

1.3 Combustibles utilizados en México

Pemex en su página oficial muestra la siguiente clasificación (Tabla 2) de combustibles, que es la que se considera principalmente en México, se están tomando combustibles fósiles, debido a que son los generalmente utilizados en el transporte terrestre del país.

Tabla 2 Clasificación de Combustibles

Gases combustibles	Gasolinas
<ul style="list-style-type: none">• Gas licuado de petróleo.• Gas Natural• Gasóleo doméstico.• Propano• Nafta• Gas etano	<ul style="list-style-type: none">• Pemex Diésel• Pemex Magna• Pemex Premium• Diésel marino especial• Gasolina mínimo 87 octanos• Gasolina con contenido mínimo 91 octanos• Diésel automotriz• Diésel marino• Diésel industrial

(PEMEX, 2020)

Nota: PEMEX tiene dos clasificaciones pues son los que maneja con mayor auge.

Tipos de combustibles utilizados en México.

- Gas licuado de Petróleo
- Gas Natural
- Gasóleo Doméstico (sólo en motores diésel)
- Pemex Diésel (marca Pemex, azufre total 15.0 mg/kg)
- Pemex Magna (sin plomo, marca Pemex de 87 octanos)
- Pemex Premium (sin plomo, marca Pemex de 91 octanos)
- Gasolina con contenido mínimo 87 octanos
- Gasolina con contenido mínimo 91 octanos
- Diésel automotriz

De la clasificación anterior no todos los combustibles son utilizados en los sistemas de transporte terrestre, siendo los siguientes los utilizados para este fin.

- Gasolina
- Gas natural

- Diésel
- Gas licuado de petróleo

La clasificación anterior y de acuerdo con las necesidades y acotaciones establecidas en esta investigación se puede reducir a la siguiente, tomando en cuenta características generales del combustible.

Gasolina.

Gasolina sin plomo formulada para automóviles con convertidor catalítico y en general motores de combustión interna a gasolina con requerimientos de 91 octanos y 87 octanos. Esta se obtiene de los procesos de destilación del petróleo. (PEMEX, 2020)

Diésel.

Es una mezcla de hidrocarburos parafínicos, olefínicos y aromáticos, derivados del procesamiento del petróleo crudo. Este producto se emplea como combustible automotriz. Su contenido máximo de Azufre total es de 15.0 mg/kg. (PEMEX,2020)

Gas Licuado de Petróleo.

PEMEX, 2020 considera al Gas Licuado de Petróleo como una mezcla de gases propano y butano presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo. Los componentes del GLP, aunque a temperatura y presión ambientales son gases, son fáciles de licuar. Se obtiene de la segregación criogénica de productos. (PEMEX,2020)

Gas Natural.

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos simples que se encuentra en estado gaseoso, en condiciones ambientales normales de presión y temperatura. Compuesto mayoritariamente de metano (CH₄), que es la molécula más simple de los hidrocarburos. Además, puede contener cantidades pequeñas otros componentes como lo son el etano, propano, nitrógeno y otros hidrocarburos más pesados, así como trazas de bióxido de carbono, ácido sulfhídrico y agua. (PEMEX, 2020)

Este se extrae de perforaciones de pozos hechas en el subsuelo, se transporta de manera comprimida o líquida en buques o autotanques.

1.4 Logística de distribución en México

Datos estadísticos de la SENER en su balance energético del año 2019, se tiene un consumo por energético de 16.37% de gas natural y 40.43% de petrolíferos, dándole un total al consumo energético del sector transporte de 29% aproximadamente (SENER,2022), con los datos recolectados en este balance se tiene a México en el puesto número décimo quinto en este ranking internacional sobre países con mayor consumo energético.

El consumo de combustibles en el sector transporte totalizó 1,703.68 PJ en 2020, 15.95% menos que en 2019. El autotransporte fue el componente más representativo con 92.51% de participación, disminuyendo 12.78% respecto al año anterior. (SENER,2022)

Tabla 3 Consumo de energía en el sector transporte

	2019	2020	Variación porcentual % (2020/2019)	Estructura Porcentual % 2020
Transporte	2027.05	12703.68	-15.95	100.00
Autotransporte	1807.07	1576.11	-12.78	92.51
Total, de petrolíferos	1836.62	1574.31	-14.28	99.89
Gas licuado	61.08	73.64	20.57	4.67
Gasolinas y naftas	1385.19	1101.78	-20.46	69.90
Diésel	390.35	393.89	2.19	23.31
Gas Seco	2.09	1.81	-13.52	0.11

(SENER, 2022)

Nota: Las cantidades mostradas en la tabla están en unidades de petajoules. (Adaptada de SENER, 2019)

Estaciones de servicio (gasolineras) en México

Según la base de datos abiertos del CRE (Comisión Reguladora de Energía) en México hay 35,471 estaciones de carga (gasolinerías) según su listado con georreferencia actualizado 5 meses antes de la consulta para este escrito (CRE, 2023)

Dentro de las 12 gasolineras más conocidas en todo el territorio nacional se encuentran:

- Gasolineras TotalEnergies
- Gasolineras Mobil
- Gasolineras Shell

- Gasolineras BP
- Gasolineras Chevron
- Gasolineras Repsol
- Gasolineras Gulf
- Gasolineras G500
- Gasolineras Pemex
- Gasolineras Petro 7
- Gasolinera Hidrosina
- Gasolinera Oxxo Gas (Crabi, 2023)

Capítulo 2. Parque vehicular actual.

En este capítulo se abordará el parque vehicular con el que cuenta México en los últimos censos y registros obtenidos, principalmente recopilados por el INEGI.

2.1 Datos Nacionales del Parque vehicular.

La base de datos con la que se cuenta en el INEGI brinda información acerca del total nacional de vehículos de motor registrados que se encuentran en circulación del año 1980 a 2021, tomando en cuenta cómo vehículo Automóviles, Camiones y camionetas para pasajeros, Camiones para carga y Motocicletas, así como el tipo de servicio Oficial, Público y Particular. En la Ilustración 4 se puede ver el comportamiento.

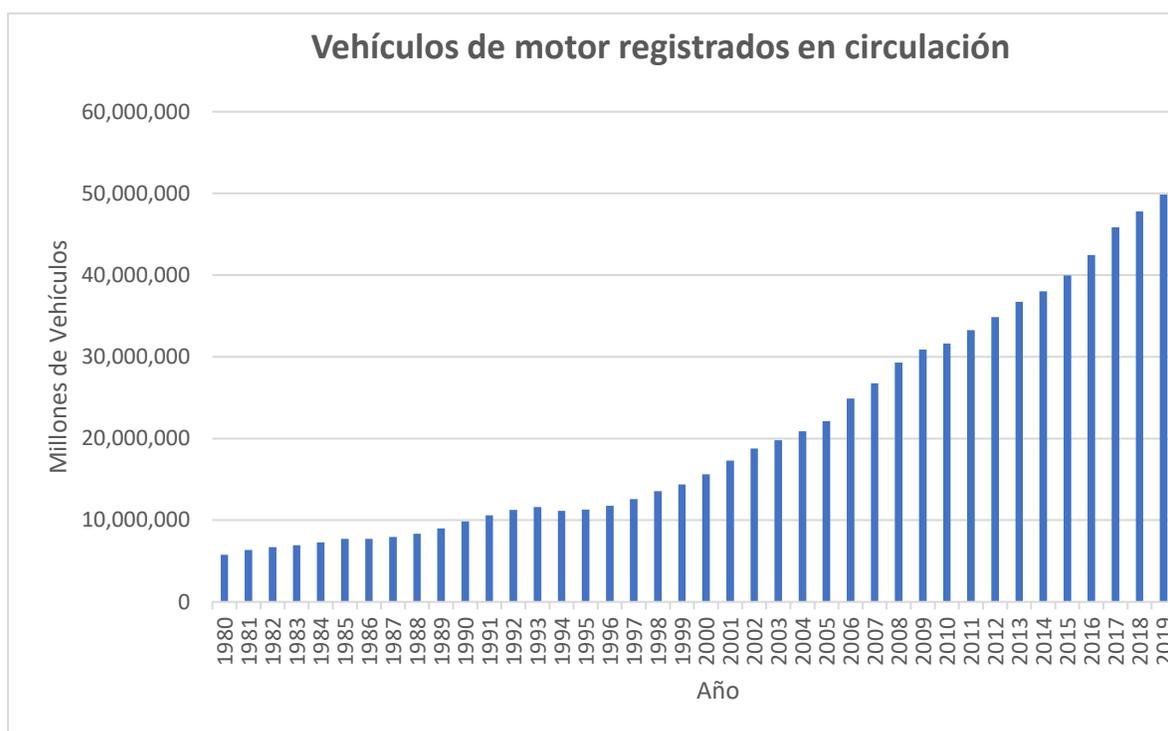


Ilustración 4 Total nacional de vehículos

Nota: Los datos que muestra la imagen son datos de vehículos de motor registrados en circulación del año 1980 al 2021. (Adaptado de INEGI, 2021)

Con el avance de los años se logra observar un aumento en la circulación de vehículos de motor, y no solo eso, también se ve un incremento en la producción de automóviles desde el año 2015 al 2021

2.2 Tecnologías del Tren Motriz

“Un tren motriz es un conjunto de componentes que impulsa un vehículo. Incluye motor, transmisión y ejes de transmisión. ”. (KIA,2023)

En este caso el principal interés sobre el tren motriz es el funcionamiento del motor, en el cual se tienen tres tipos de tecnologías.

La convencional en la que se tiene un motor de combustión interna y basa el funcionamiento y la potencia a partir de este. Los sistemas híbridos en donde se tiene un motor que combina la tecnología de combustión interna con la tecnología eléctrica. Y los sistemas puramente eléctricos, se profundizará de cada uno de ellos posteriormente.

2.2.1 Convencional (sistemas de combustión interna)

“El motor de combustión interna consta de cilindros, pistones, inyectores de combustible y bujías. Combinados, estos componentes queman combustible y dejan salir los gases de escape de los cilindros. Al repetir el proceso, crea energía que impulsa el automóvil.” (kia,2022)

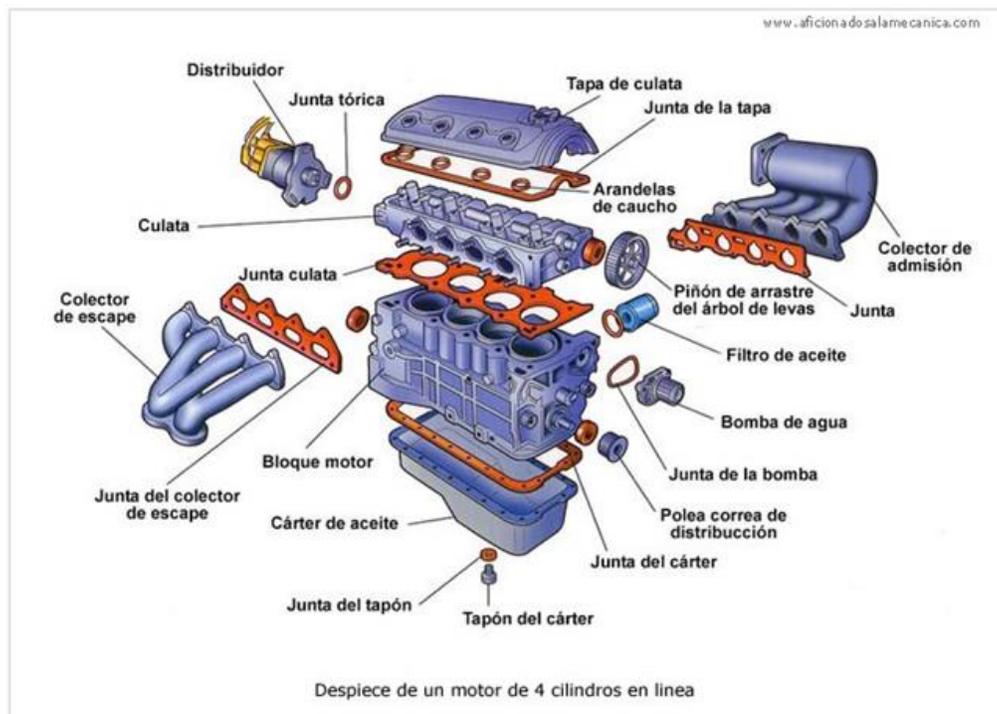


Ilustración 5 Funcionamiento de motor de combustión interna. (Portal mecánico, 2022)

Funcionamiento

Los motores de combustión interna funcionan, en resumen, de la siguiente manera:

- 1. Admisión:** La válvula de admisión se abre y el cilindro aspira la mezcla de aire y combustible.
 - 2. Compresión:** La válvula de admisión se cierra y la mezcla de aire y combustible es comprimida por un pistón.
 - 3. Combustión:** En esta etapa, la mezcla de aire y combustible explota y la potencia creada por la explosión hace que el pistón se mueva hacia abajo.
 - 4. Escape:** Los gases quemados en el cilindro se eliminan a través de una válvula.
- (Kia,2023)

Eficiencia

La información sobre rendimientos encontrada en la página del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) es información recibida por parte de las armadoras de acuerdo con el convenio de colaboración firmado en el 2002 entre la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) y Secretaría de Energía (SENER), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, ahora Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONUEE).

En estas se establece que el rendimiento combinado se calculará a través de un promedio ponderado de los rendimientos en ciudad y carretero, donde la ponderación es de 55% para el ciclo en ciudad (Rend ciudad) y 45% para el ciclo carretero (Rend carretero).

$$\text{Rendimiento combinado} = 0.55 * (\text{Rend ciudad}) + 0.45 * (\text{Rend carretero})$$

Además, a las armadoras se les permite entregar la información de los rendimientos de combustible en el ciclo de prueba americano (Federal Test Procedure 75) o europeo (New European Driving Cycle), por lo que actualmente entregan parte de la información en ciclo americano y parte en ciclo europeo. (INECC, 2020)

Estos datos se consideran desactualizados por la falta de replicabilidad y que no se ajustan a modelos internacionales, por lo tanto, se utilizan otros métodos para poder realizar estos análisis, para el uso de esta tesis se consultó el gasto anual estimado de combustibles también encontrado en la página del INECC, el cual se muestra a continuación.

- El Gasto Anual Estimado de Combustible se calcula a partir de una distancia anual promedio recorrida de 15,000 kilómetros al año en condiciones de manejo en ciudad, y con el precio promedio de combustible (gasolina tipo PREMIUM o diésel).

$$\text{Gasto anual de combustible} \left(\frac{\$}{\text{año}} \right) = 15,000 \left(\frac{\text{km}}{\text{año}} \right) * \frac{1}{\text{rend}_{\text{ciudad}} \left(\frac{\text{km}}{\text{L}} \right)} * P_{\text{PREMIUM}}$$

- **Rend Ciudad** = Rendimiento en ciclo ciudad

- **P Premium** = Precio promedio de gasolina tipo PREMIUM - Emisión anual de CO₂
La Emisión Anual Estimada de CO₂ se calcula a partir de una distancia anual promedio recorrida de 15,000 kilómetros al año.

$$\text{Emisión anual de CO}_2 \text{ (kg/año)} = 15,000 \text{ km/año} * \text{kg CO}_2 \text{ /km}$$

(INECC,2020)

2.2.2 Híbrido

Un auto híbrido combina en el vehículo las ventajas de un auto con motor de combustión interna y las de un motor eléctrico (puede tener hasta dos motores eléctricos), además de una batería y una toma de carga externa en el caso de los híbridos enchufables.

Para altas velocidades o necesidades de potencia se ocupa el motor de combustión interna, mientras que si las necesidades no son altas pueden funcionar de manera correcta con los motores eléctricos.

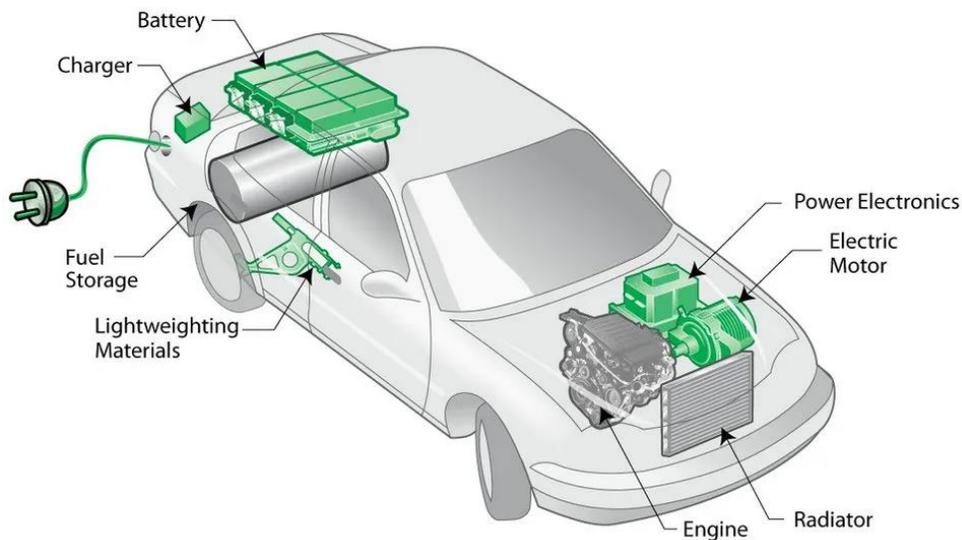


Ilustración 6 Funcionamiento de un auto híbrido. (Ingeniería y mecánica automotriz, 2019)

Funcionamiento

En este caso se expondrá el funcionamiento de auto híbrido no enchufable.

Motor térmico: Propulsa el vehículo y recarga la batería, además detecta que las reservas no estén bajas.

Generador: motor eléctrico de tipo síncrono. Situado junto al motor térmico. También actúa como motor de arranque del motor térmico.

Unidad de control de Energía/inversor: transforma y administra el flujo de energía eléctrica entre la batería y el motor. Convierte la corriente continua en alterna.

Batería: Encierra la energía eléctrica que da sentido al sistema, compuesta de hidruro de níquel, tiene como función recibir la electricidad derivada de los motores térmico y eléctrico y almacenarla.

Motor eléctrico: tracción eléctrica, motor principal en ciudad (llega a los 110 km/h), alimentación de electricidad

Ruedas motrices: ruedas que transmiten un esfuerzo de tracción al suelo.

Dispositivo divisor de potencia o psd: Tren de engranajes que combina la energía mecánica entregada por cada uno de los motores eléctricos y de combustión

(Toyota, 2018)

Eficiencia económica y energética de los autos híbridos

Según la página del INECC la eficiencia energética de los automóviles híbridos se calcula de la misma forma que para los de combustión interna, pero los primeros proyectarán datos más bajos debido a que su eficiencia con los hidrocarburos es mayor.

2.2.3 Eléctrico

“Vehículo impulsado por uno o más motores eléctricos que emplea la energía eléctrica almacenada en baterías recargables y la transforma en cinética” (PEUGEOT, 2022)

Funcionamiento

“Esta energía es almacenada en sistemas recargables, baterías, que luego consumen la energía almacenada durante su desplazamiento. El motor de un auto eléctrico puede ser de corriente alterna o de corriente continua. La tecnología más avanzada hoy en día en vehículos eléctricos es la de baterías de iones de litio.” (PEUGEOT, 2022)

Estaciones para carga en México

La CFE anuncia que las electrolineras “son estaciones de recarga para los autos eléctricos e híbridos-enchufables. Pueden instalarse en hogares, espacios públicos o negocios y se alimentan de la red eléctrica de la CFE, por lo que son seguras y pueden usarse en todo momento” (CFE, 2022)

La empresa SolarBeat cuenta con mantenimiento e instalación de estaciones de carga para autos eléctricos en México, cuentan con su propia plataforma digital en la que dan información sobre sus servicios y también realizan instalaciones en casas y edificios habitacionales, así como en lugares públicos, en su página muestran datos de 398 usuarios con una energía total dada de 18349 kWh

Por otro lado, la empresa Tesla cuenta con una lista de electrolineras en México y en el extranjero en las que ofrecen sus servicios de carga para los autos de sus líneas. En resumen, cuentan con 27 estaciones activas más las que tienen programadas en construcción en varios estados de la república mexicana, además de sugerir la carga en casa de los autos Tesla.

Eficiencia económica y energética de los autos eléctricos.

Beneficios económicos de las electrolineras

La página de la CFE reporta los siguientes datos: “Las emisiones de CO₂ generadas para impulsar un vehículo enchufable, son hasta un 70% menores que las emisiones de un vehículo a gasolina. Esto representa alrededor de 1.87 toneladas de CO₂ emitidas al año por vehículo.”

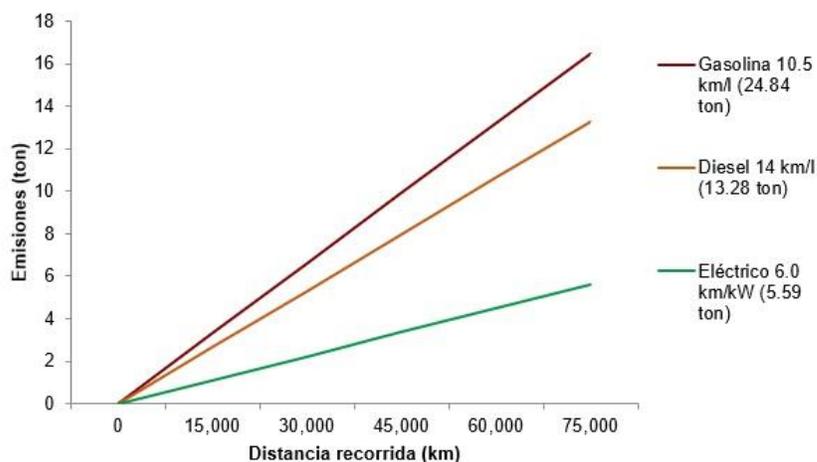


Ilustración 7 Emisiones que generan los automóviles con distinto tipo de combustible. (CFE,2020)

Nota: Las unidades que se manejan en las emisiones son toneladas. Adaptada de (CFE, 2020)

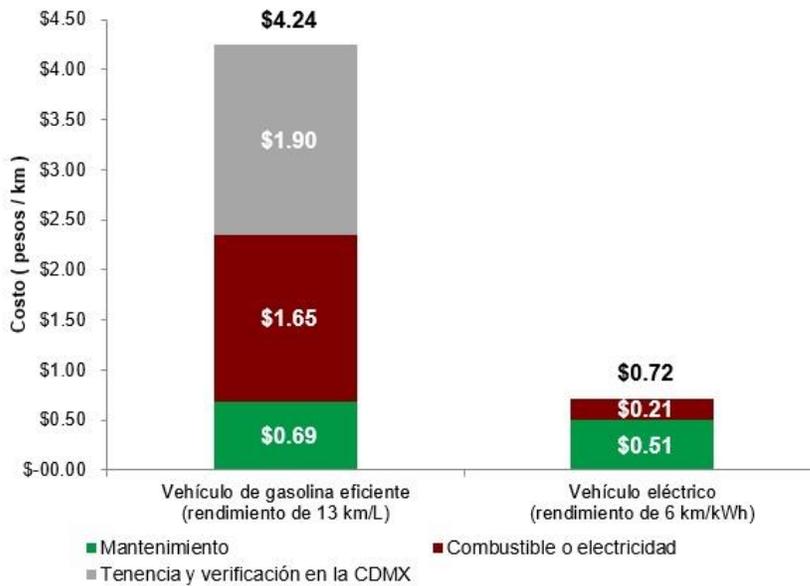


Ilustración 8 Gráfico de comparación entre automóvil a gasolina y automóvil eléctrico (CFE,2020)

Nota: En el grafico se observa el costo de mantenimiento, consumo de combustible en pesos/ km. (CFE,2020)

También ofrecen la opción de facturar la electrolinera casera para así reducir el precio de la energía eléctrica.

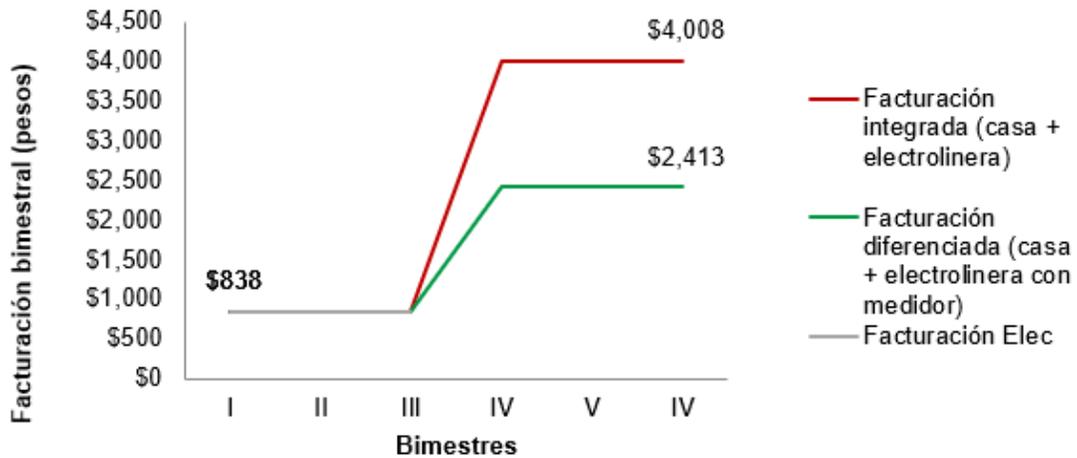


Ilustración 9 Tipos de facturación de los automóviles eléctricos. (CFE,2020)

La CFE reporta los siguientes datos de tiempo de carga y tipos de carga de autos eléctricos en México

Tabla 4 Electrolineras utilizadas en México.

	<p>Descripción: Proporciona la carga a través de una toma de corriente común.</p> <p>Tiempo de carga:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100% de 12-14 horas • 80% de 8-12 horas <p>Uso recomendado: Estrictamente doméstico</p>
	<p>Descripción: Es la más común. Por su tiempo de recarga, resulta ideal para las noches o la jornada laboral</p> <p>Tiempo de carga:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100% de 3 - 4 horas • 80% de 2 - 3 horas <p>Uso recomendado: Doméstico, público y corporativo</p>
	<p>Descripción: Requiere un transformador eléctrico para incrementar la potencia, ya que proporciona una recarga rápida y de alto voltaje</p> <p>Tiempo de carga:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100% de 20 -30 horas • 80% de 15 - 20 horas <p>Uso recomendado: Uso público, de preferencia antes de un viaje largo</p>
<p>(CFE, 2020)</p>	

Por otro lado, la empresa Tesla también cuenta con sus propios modelos de carga de sus autos en México para poder realizar la carga en casa.

Autos eléctricos disponibles en México.

Información obtenida a través de Forbes nos indica la siguiente lista de los autos eléctricos disponibles en el país y sus precios, con esto también se brinda una idea de que tan factible es para la población en general adquirir uno de estos vehículos.

Tabla 5 Autos eléctricos disponibles en México

Modelo	Marca	Precio Inicial	Autonomía
Twizy	Renault	\$ 343,200	100 km
E10x	JAC	\$ 449,000	60 km
Zacua MX2	Zacua	\$ 599,00	160 km
Bolt EUV	Nissan	\$ 964,900	241 km
Leaf	Chevrolet	\$ 939,900	397 km
BMW iX3	BMW	\$ 1,475,000	460 km
Tesla S	Tesla	\$ 3,386,900	637 km

(FORBES, 2021)

2.3 Composición del parque vehicular en México, atendiendo a la tecnología de su tren motriz.

Tabla 6 Composición del parque vehicular en México.

Año	Total, vendidos	Vehículos eléctricos				
		HEV	PHEV	EV	Total	% del total
2016	1 607 165	7,490	521	254	8 265	0.514
2017	1 534 827	9 349	968	237	10 554	0.687
2018	1 426 926	16 022	1 584	201	17 807	1.248
2019	1 317 727	23 964	1 339	305	25 608	1.943
2020	949 353	22 139	1 817	449	24 405	2.571

(FORBES, 2021)

Notas:

1. HEV: Vehículo Híbrido Eléctrico (Hybrid Electric Vehicle)
2. PHEV: Vehículo Híbrido Eléctrico Enchufable (Plug Hybrid Electric Vehicle)
3. EV: Vehículo Eléctrico (Electric Vehicle)

(INEGI, 2020)

Capítulo 3. Expectativas de la demanda de combustibles para los años 30's y 40's en México.

En este capítulo se presentarán las diferentes técnicas estadísticas utilizadas para realizar proyecciones, destacando sus principales ventajas y desventajas. Cada metodología será analizada en función de su precisión, aplicabilidad en distintos contextos y limitaciones, brindando una visión integral para su uso adecuado en el proceso de pronóstico.

3.1 Técnicas disponibles para la proyección de la situación de los combustibles en México en las siguientes décadas.

Para poder analizar el comportamiento del combustible en los próximos años, se parte también del comportamiento de la población en el país, pues se contempla que, a mayor número de habitantes en el país, mayor cantidad de automóviles a lo largo de los años, por lo que se investiga acerca de diversos modelos matemáticos para obtener dichas proyecciones.

3.1.1 Gompertz

Es un modelo matemático que se utiliza para la predicción de ciertas poblaciones, lo que lo diferencia de las de los siguientes modelos son la forma en la que se utilizan las variables para llevar a cabo las proyecciones. Cabe mencionar que cada uno de estos modelos se adapta para el cálculo de proyecciones de población que se requiere.

Ecuación 1

$$S * EXP(-b * EXP(-k * PIBpc))$$

Es un modelo más general que el logístico para el crecimiento de las poblaciones, normalmente se utiliza en cuestiones de biología para ver como crecen células, peces, etcétera, en este caso se consideró debido a que las poblaciones humanas tienen un crecimiento que puede ser modelado y se buscaba comprender como habían cambiado para de esta forma atender las necesidades de transporte y movilidad, y por lo mismo, las necesidades de crecimiento energético de la población. Este modelo está basado en ecuaciones diferenciales.

La ecuación de Gompertz también puede encontrarse en esta forma

Ecuación 2

$$Y = a * exp(-exp(b - (c * t)))$$

3.1.2 Bertalanffy

Es de los modelos matemáticos más utilizados en la predicción de poblaciones en su mayoría para peces, pues Ludwing Von Bertalanffy que fue un biólogo interesado en estos animales, pero hoy en día se utiliza para el cálculo de predicciones de otro tipo de poblaciones.

Ecuación 3

$$S * -a * EXP(-b * PIBpc)$$

También Podemos encontrar la ecuación de la siguiente forma

Ecuación 4

$$L_0(t) = r(L_{\infty} - L(t))$$

Esta ecuación muchas veces es utilizada para registrar el tamaño y longitud y crecimiento de los peces, por lo tanto, la L está asociada a la longitud del pez

Se tiene el siguiente algoritmo para obtener numéricamente los sucesivos valones para la Ecuación de Bertalanffy

- Paso 1. Inicialización: fijar los valores de los parámetros t_0, L_{∞}, r , la longitud del paso dt , y el tiempo máximo t_{max} de observación. Hacer $k = 0, t = t_0$ y fijar $L_0=L(t_0) = 0$.
- Paso 2. Mientras $t < t_{max}$:
 - Hacer $k = k + 1$.
 - Actualizar $t = t + dt$ • calcular $L_k = L_{k-1} + dt \cdot r(L_{\infty} - L_{k-1})$
- Paso 3. Fin: representar gráficamente L frente a t.
(ULPGC, 2011)

Se consideró esta ecuación debido a su capacidad de predecir la forma y el tamaño en la que crecen las poblaciones, pero se descartó puesto que no se pudieron obtener los resultados esperados al usarla.

3.1.3 Regresión Logística

La regresión logística tiene dos grandes ramas, la logística simple y la múltiple, su uso cambia dependiendo del uso que se le dé. La logística simple se utiliza cuando el resultado es binario (2 opciones) ya sea Verdadero/Falso, sí/No, etc. Esta ecuación estima la probabilidad de que sí ocurra un evento. La ecuación logística simple es la siguiente:

Ecuación 5

$$P(Y = 1 | X) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X)}}$$

Donde:

- $P(Y = 1 | X)$ es la probabilidad de que el evento ocurra.
- β_0 es el intercepto (constante).
- β_1 es el coeficiente de la variable independiente X
- X es la variable independiente.

La regresión logística múltiple se usa cuando hay más de una variable independiente, toma en cuenta varias variables predictoras simultáneamente.

En la regresión logística múltiple, el modelo tiene la siguiente forma:

Ecuación 6

$$P(Y = 1 | X_1, X_2, \dots, X_n) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}}$$

Donde:

- $P(Y = 1 | X_1, X_2, \dots, X_n)$ es la probabilidad de que el evento ocurra, dado los valores de las variables independientes X_1, X_2, \dots, X_n
- β_0 es el intercepto del modelo.
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ son los coeficientes que representan la influencia de cada variable independiente sobre la variable dependiente.
- X_1, X_2, \dots, X_n son las variables independientes (predictoras).

- Si $\beta > 0$, la variable independiente está positivamente asociada con la probabilidad de que ocurra el evento.

- Si $\beta < 0$, la variable independiente está negativamente asociada con la probabilidad de que ocurra el evento.

Este modelo matemático (ecuación 6) que aparece en diversos modelos de crecimiento de poblaciones, propagación de enfermedades epidémicas y en diversos ámbitos para calcular la probabilidad de que un evento ocurra con múltiples variables asociadas a él. Uno de estos ámbitos es el automotriz, es utilizado por el coreano Suwon Lee para la predicción de parque vehicular en los próximos en su país, muy similar a lo que se llevara a cabo en la presente tesis.

La ecuación 6 se explica más adelante en la modelación

3.2.1 Población

El crecimiento de la población será utilizado en esta tesis para poder calcular la cantidad de vehículos que la población puede adquirir para uso personal o de transporte

Se incluirá un anexo con los datos recopilados del crecimiento de la población, la siguiente gráfica es sólo un resumen de los datos encontrados en el anexo recopilada de datos del INEGI.

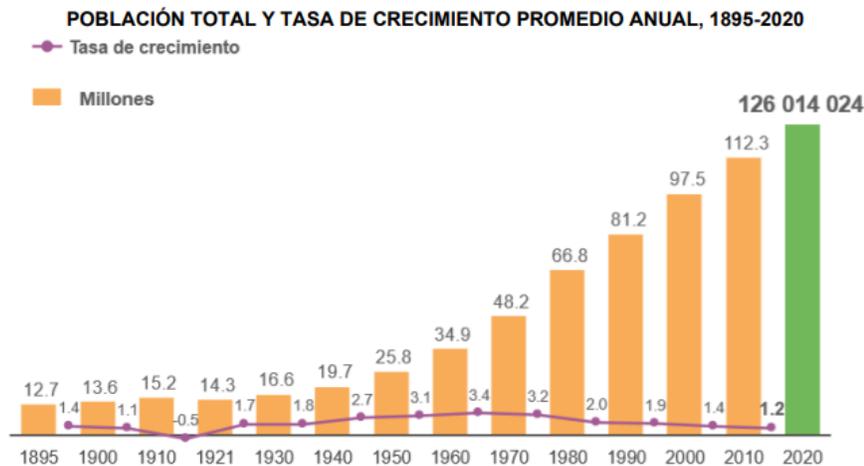


Ilustración 10 Población total y tasa de crecimiento promedio anual, 1895-2020 (INEGI, 2020).

3.2.2 Producto Interno Bruto (PIB)

Conocimiento del crecimiento económico de un país a partir de sus actividades primarias, secundarias y terciarias, en los anexos de esta tesis se encuentra una tabla con los datos de crecimiento de PIB nacional, estos se usarán para calcular el nivel adquisitivo de las personas y así poder determinar la cantidad y tipo de vehículos que pueden adquirir.

3.2.3 Parque Vehicular

Es el número de unidades vehiculares registradas en una zona, tomando en cuenta el servicio que presta o su respectivo uso.

El INEGI muestra la siguiente clasificación

- Automóvil
- Vehículos de pasajeros
- Vehículos de carga

Fuente: INEGI (2022)

Esta es una clasificación básica

La clasificación utilizada en la presente tesis es la siguiente

Automóviles, Autobuses Carga Ligera y Pesada, Motocicletas

Pero se limitó a solo automóviles, puesto que no se encontró información necesaria para cubrir todos los rubros con autobuses, vehículos de carga ligera y pesada, así como para motocicletas.

Capítulo 4. Impacto medioambiental de las emisiones por transporte.

El presente capítulo es una recopilación de las medidas ambientales gubernamentales, debido a que estas tienen una repercusión y consecuencia directa sobre la fabricación y uso de los medios de transporte terrestres, además de las tecnologías con las que se desarrollan los vehículos con la finalidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

4.1 Acuerdos de París sobre la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero

Hoy en día los combustibles fósiles son los más utilizados para la generación de energía en el mundo, y al ser la principal fuente de energía se está agotando con el paso de los años por su extracción sin medida y no solo eso sino que también al realizarse la combustión en la mayoría de los casos de dicha generación se altera de manera negativa la calidad del aire que se tiene, ya que se liberan distintos tipos de contaminantes atmosféricos lo que trae consigo el efecto invernadero, calentamiento global entre otros problemas ambientales.

Es por ello que se crea el acuerdo de París que con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Es un tratado internacional sobre el cambio climático jurídicamente vinculante. Fue adoptado por 196 Partes en la COP21 en París, el 12 de diciembre de 2015 y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016. (United Nations Climate Change, 2022).

Su objetivo es limitar el calentamiento atmosférico mundial por debajo de 2°C, preferiblemente como máximo 1.5 grados centígrados, en comparación con los niveles preindustriales. Para alcanzar este objetivo de temperatura a largo plazo, los países se proponen controlar el máximo de las emisiones de gases de efecto invernadero lo antes posible, y así lograr un planeta con clima neutro para mediados de siglo. Esto lo hacen en contribuciones en las que plantean las medidas que se llevarán a cabo para reducir al máximo sus emisiones de gases contaminantes, así como también las acciones que llevarán a cabo para adaptarse a los efectos que dichas emisiones ya han provocado. (UNCC, 2022)

Dicho acuerdo también crea un vínculo entre países que se encuentren más desarrollados, y que tomen la iniciativa en la prestación de asistencia financiera a países menos dotados, así como también en el área de tecnología para reducir de esta manera las emisiones contaminantes.

4.2 Propuestas para reducir emisiones de gases de efecto invernadero en México

Programa para Prevenir y Responder a Contingencias Ambientales Atmosféricas en la Ciudad de México

La página oficial acerca de la calidad del aire de la Ciudad de México habla acerca del Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT), el cual realiza el seguimiento en tiempo real de las concentraciones de los principales contaminantes atmosféricos en la Ciudad de México y la zona conurbada, una vez que los niveles de contaminación del aire son tales que representan un riesgo para la salud de la población, se informa a las instancias responsables de la vigilancia y control para que se apliquen de manera inmediata las acciones necesarias para controlar y reducir las emisiones contaminantes.

Programa de Prueba del Sistema de Comercio de Emisiones.

La SEMARNAT, nos dice que “Un Sistema de Comercio de Emisiones (SCE) es un instrumento de mercado diseñado para reducir emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Se basa en el principio de “tope y comercio” (*‘cap and trade’*). Esto consiste en establecer un tope máximo sobre las emisiones totales de uno o más sectores de la economía que debe de ser reducido cada año. Las instalaciones en estos sectores deben presentar un derecho de emisión por cada tonelada de CO₂ que emiten. Pueden recibir o comprar derechos, y así comerciar con otras compañías del Sistema.”. (SEMARNAT,2021)

Los sectores que participan en el SCE son aquellos que realicen actividades en el sector energía e industria, dentro de los cuales se considera al sector energía a:

- Explotación, producción, transporte y distribución de hidrocarburos, y
- Generación, transmisión y distribución de electricidad. (SEMARNAT,2021)

Y dentro del sector energía se tiene a:

- industria automotriz;
- industria cementera y calera;
- industria química;
- industria de alimentos y bebidas;
- industria del vidrio;
- industria siderúrgica;

- industria metalúrgica;
- industria minera;
- industria petroquímica;
- industria de celulosa y papel, y
- otros subsectores industriales que generen emisiones directas provenientes de fuentes fijas. (SEMARNAT, 2021)

Programas de Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable.

El día 29 de diciembre del año 2022 se publicaron en el diario oficial de la federación, las reglas de dicho programa, , las cuales tienen como objetivo general:” Apoyar a las personas propietarias, legítimas poseedoras y habitantes de las zonas forestales a fin de que implementen acciones que contribuyan a la protección, conservación, restauración e incorporación del manejo forestal sustentable, de los terrenos permanentemente forestales y temporalmente forestales; así como, el fortalecimiento de las cadenas de valor, que a su vez contribuyan a la adaptación y mitigación de los efectos del Cambio Climático.” (CONAMFOR,2022)

Estas acciones contribuyen a la disminución de gases nocivos que se encuentran en el ambiente, así como también los subsidios que se pretenden otorgar tiene como finalidad apoyar a la economía rural, que, con el paso de la pandemia de COVID 19 por el país se vio gravemente afectada.

Hoy no circula

En el país se han generado diversos tipos de medidas para reducir las emisiones de efecto invernadero en el país, entre ellas los programas “Hoy no circula”

La página de la SEDEMA muestra como objetivo del programa lo siguiente “Establecer medidas aplicables a la circulación vehicular de fuentes móviles o vehículos automotores, con el objetivo de prevenir, minimizar y controlar la emisión de contaminantes provenientes de fuentes móviles que circulan en la Ciudad de México sea cual fuere el origen de las placas y/o matrícula del vehículo, mediante la limitación de su circulación.”

El programa funciona de la siguiente manera.

COLOR DEL ENGOMADO DEL VEHÍCULO	ÚLTIMO DÍGITO NUMÉRICO DE LA PLACA DE CIRCULACIÓN	LIMITACIÓN A LA CIRCULACIÓN		
		DÍA ENTRE SEMANA	HOLOGRAMA 1 SÁBADO	HOLOGRAMA 2 SÁBADO
	5 o 6	LUNES	Dejan de circular conforme al último número de la placa de circulación IMPARES (1, 3, 5, 7 Y 9) Primer y tercer sábado de cada mes PARES (0, 2, 4, 6, 8) Segundo y cuarto sábado de cada mes HORARIO De las 5 a las 22 horas	TODOS LOS SÁBADOS
	7 u 8	MARTES		
	3 o 4	MIÉRCOLES		
	1 o 2	JUEVES		
	9 o 0	VIERNES		HOLOGRAMAS 00 Y 0 están exentos de las limitaciones

Vehículos foráneos con placas extranjeras

- *No circula conforme a terminación de placa
- *Adicionalmente no circula de lunes a viernes de 5 a 11 horas
- *No circula ningún sábado de 5 a 22 horas

Ilustración 11 Funcionamiento del programa "Hoy no circula" (SEDEMA,2022)

Imagen adaptada de Programa Hoy no circula, SEDEMA

HOY NO CIRCULA SÁBADO



<p>HOLOGRAMA 1</p> <p>Terminación 1, 3, 5, 7 y 9 primer y tercer sábado de cada mes</p> <p>Terminación 0, 2, 4, 6 y 8 segundo y cuarto sábado de cada mes</p>	<p>HOLOGRAMA 2</p> <p>Todos los sábados</p>
<p>HOLOGRAMA 00 y 0</p> <p>Están exentos de las limitaciones</p>	

DE LAS 5 A LAS 22 HORAS

Ilustración 12 Funcionamiento del programa "Hoy no circula sábado" (SEDEMA,2022)

Nota: Imagen adaptada de Programa Hoy no circula, SEDEMA

Se presentan estas fases en la página oficial de SEDEMA para un mejor uso del programa.

Fase Preventiva

- Dejan de circular 50% de los automotores administrativos de gobiernos locales, municipales, alcaldías y federal

Fase 1

- Dejan de circular 100% de los automotores administrativos de gobiernos locales, municipales, alcaldías y federal
- Dejan de circular el 20% de los hologramas “00”, “0” de acuerdo con la terminación de su placa, nones o pares de holograma “1” y el 100% de los hologramas “2”

Ecobici

“Ecobici es el sistema de bicicletas públicas de la Ciudad de México que ha integrado a la bicicleta como parte esencial de la movilidad. Es un modo de transporte dirigido a los habitantes de la capital, de sus alrededores y a los turistas. Permite a las personas usuarias que están registrados tomar una bicicleta de cualquier ciclo estación y devolverla en la más cercana a su destino en trayectos ilimitados de 45 minutos. Quienes quieran acceder al Sistema ECOBICI, podrán pagar una suscripción por un año, una semana, tres días o un día.” (Gobierno de la Ciudad de México, 2022)

4.3 Acciones de otros países en transporte terrestre para disminuir sus emisiones de gases de efecto invernadero.

Gratuidad del transporte

En varios países de Europa se está suprimiendo el costo del transporte público para incentivar que las personas hagan uso de este y reducir el uso de automóviles particulares. “Luxemburgo se convirtió en 2018 en el primer país del mundo en suprimir las tarifas de todo el transporte público” (Euronews, 2022)

Pero según sus datos obtenidos quizá no sea la mejor solución al uso de los automóviles particulares, según una entrevista:

"En nueve años, la proporción de coches ha pasado del 42% de los viajes al 48% actual. Así que, en este tipo de términos de movilidad sostenible, en realidad no ha demostrado ser eficaz". (Euronews, 2022).

Transporte Eficiente

Gran parte de países europeos cuentan con transporte público que va convirtiendo a sus ciudades en ciudades peatonales y en donde se le da prioridad

Según National Geographic Zurich en Suiza es la ciudad que presenta mejor transporte público a pesar de ser cara “cuenta con 82 líneas de tranvías, trenes, barcos y autobuses que hacen mucho más fácil moverse a cualquier lugar. Un sistema eficaz que permite que gran parte de la ciudad sea prácticamente peatonal” (National Geographic, 2022)

Capítulo 5 Metodología.

En este capítulo se explica la metodología para modelar las proyecciones de los automóviles, así como del combustible utilizado por entidad federativa para el periodo 2021-2050, utilizando la aplicación SOLVER de Excel 2010.

5.1 Elección del modelo matemático.

En primera instancia se investigaron los modelos matemáticos más utilizados para calcular la propiedad vehicular (GOMPERTZ, BERTANLANFFY y LOGISTICO) (Véase tabla 1).

Tabla 7 Modelos matemáticos de propiedad vehicular

Nombre	Modelo
Gompertz	$S * \text{EXP}(-b * \text{EXP}(-k * \text{PIBpc}))$
Logístico	$S / (1 + a * \text{EXP}(-b * t + k * \text{LN}(\text{PIBpc})))$
Bertalanffy	$S * -a * \text{EXP}(-b * \text{PIBpc})$

(Instituto Mexicano del Transporte, 2012)

Posteriormente, se investigaron los datos iniciales requeridos para llevar a cabo la aplicación de dichos modelos: 1) población total (PT) (ONU, 2022), producto interno bruto (PIB) (OECD, 2020) y el parque vehicular total (ONU, 2022) (**Véase anexo A**).

A continuación, se utilizó la aplicación SOLVER de Excel 2010, que ajusta las constantes a, b, c, de los modelos seleccionados, llamados también parámetros de forma, empleando un nivel de saturación vehicular (S) de 0.6, de acuerdo con lo informado por el **Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012**. La figura 1 muestra una estructura de la aplicación de Solver.

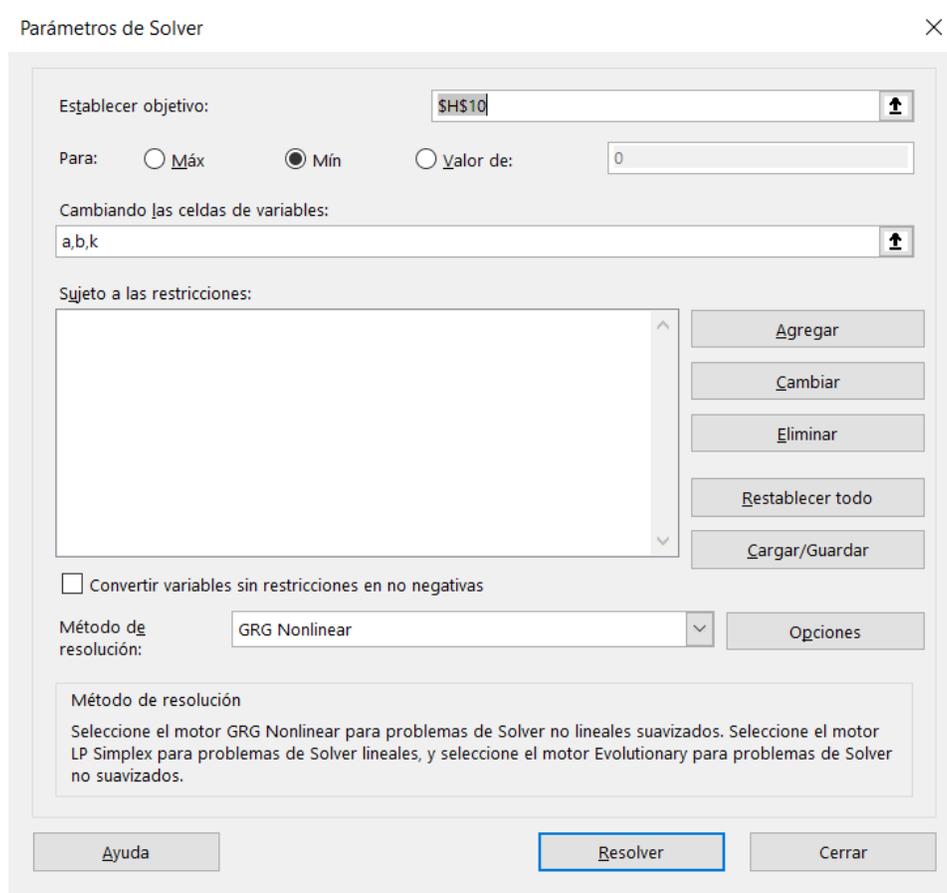


Ilustración 13 Ejemplo del uso de la aplicación SOLVER en Excel 2010.

Nota: En esta imagen se puede ver que se seleccionó un dato que se quiere modificar en este caso la suma del error al cuadrado la cual se pretende minimizar, esto cambiando el valor de las celdas a, b y k se utilizó k en lugar de c porque el programa no deja utilizar la secuencia a, b y c.

Con cada uno de estos modelos analizados en SOLVER se llevó a cabo la obtención del coeficiente de correlación, seleccionando el que presentó el valor más cercano a 1, lo cual indica que es el más cercano a los valores históricos del parque vehicular total que previamente se investigaron.

De esta manera en la **Tabla 7** se observa el nombre de cada modelo, el valor de los parámetros ajustados *a*, *b* y *c* (parámetros de forma), así como, el valor del coeficiente de correlación que se obtuvo para cada ecuación. De este modo, se encontró que la ecuación LOGÍSTICA seleccionada (ERIA, 2017) tiene el más alto coeficiente de correlación (0.983706), lo que indica que es la ecuación que se debe utilizar, proporcionando los mejores resultados al momento de ejecutarlo como se muestra en la figura 13.

Tabla 8 Modelos matemáticos de propiedad vehicular y sus parámetros ajustados.

Nombre del modelo	Parámetros ajustados	Coefficiente de correlación (R ²)
Gompertz	b= 108.61 c= 283.42	0.7756
Logístico	a = 1.5308 b = 0.0746 c = -0.3179	0.983706
Bertalanffy	a = -0.005387 b =-252.9077	0.79366

Elaboración propia con datos de la ONU, 2022; OECD, 2020

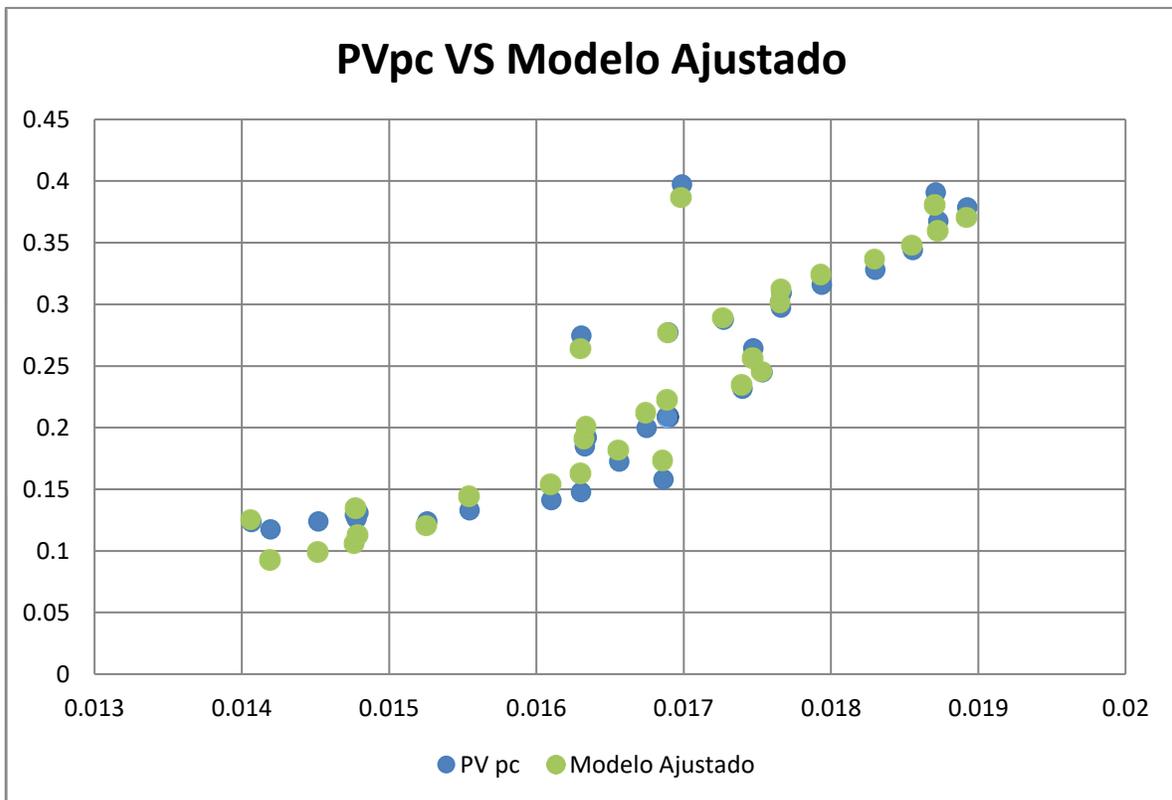


Ilustración 14 Relación de ajuste entre los datos históricos y del modelo seleccionado. Se logra observar como el modelo ajustado empalma casi por completo con los datos históricos con los que se cuenta.

5.2 Estimación del Parque Vehicular Total

Con el modelo seleccionado (logístico) expuesto en la ecuación 1, se estimaron las proyecciones del parque vehicular total PV, bajo un escenario del PIB (ONU, 2020) y tres escenarios de población total: PT^B, Población baja, PT^M, Población media y PT^A, Población alta (ONU, 2020). Considerando el 2020 como año de referencia. También, se utilizó un nivel de ajuste vehicular de 0.095 (θ), que considera los vehículos que dejan de circular anualmente para países emergentes como México (2E, 2012), de esta manera se calculó el parque vehicular total final utilizando la ecuación 2.

Ecuación 7

$$PV = S / (1 + a * EXP(-b * t + c * LN(PIBpc)))$$

Donde: PV es el parque vehicular total, S es el nivel de saturación, a, b, c, son parámetros de forma, t es la serie temporal (años) y PIBpc es el producto interno bruto per cápita.

Ecuación 8

$$PV_f = PV_{t-1} + \theta * (PV - PV_{t-1})$$

Donde: PV_f es el parque vehicular total final, PV es el parque vehicular total, t es la serie temporal (años), θ es el nivel de ajuste.

Una vez realizados los cálculos correspondientes se obtuvo una estimación del crecimiento del parque vehicular total, como se observa en la figura 14.

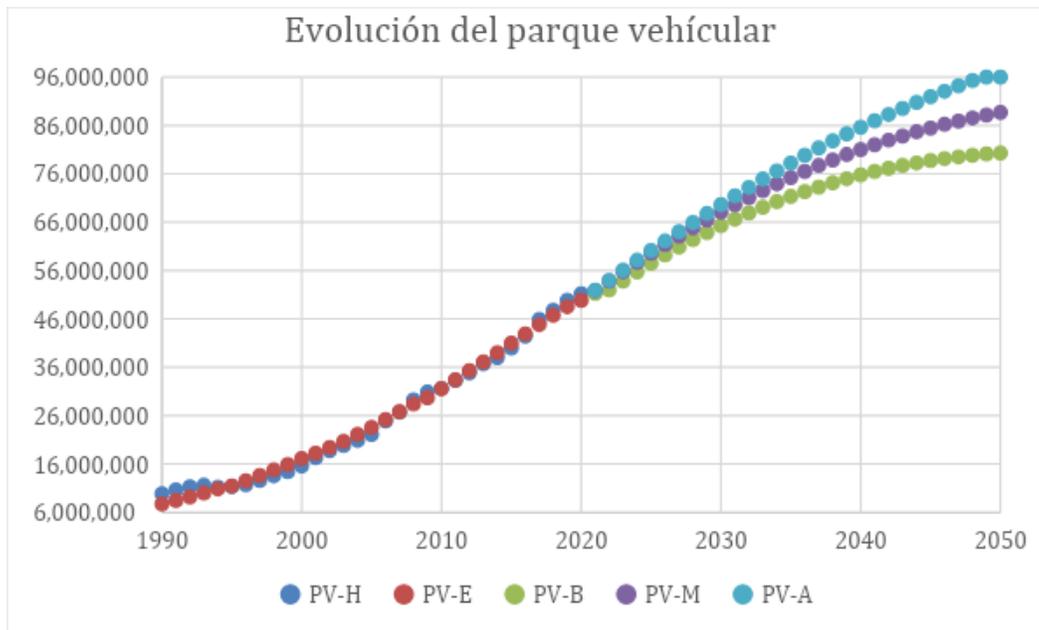


Ilustración 15 Proyecciones del parque vehicular total final.

Nota: En esta grafica podemos observar como el parque vehiculas estimado (PV-E) se empalma casi por completo al parque vehicular histórico (PV-H) con el que se cuenta y cómo se comportan las diversas proyecciones con distinto tipo de concentración de población

La distribución porcentual de los automóviles por entidad federativa para el año de referencia 2020 se obtuvo aplicando la ecuación 9.

Ecuación 9

$$DP_{AM} = AM_{EF} / PV$$

Donde: DP_{AM} es la distribución porcentual de automóviles, AM_{EF} : número de automóviles por entidad federativa, PV: parque vehicular total.

Las entidades federativas se agruparon en cinco zonas geográficas, Norte, Centro Norte, Centro Sur, Centro y Sur sureste, (IMT,), como se muestra a continuación:

1. *Norte:* Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Sinaloa, Sonora y Tamaulipas.
2. *Centro norte:* Aguascalientes, Colima, Durango, Guanajuato, Jalisco, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas.
3. *Centro sur:* Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala.

4. *Centro*: Ciudad de México y Estado de México.

5. *Sur sureste*: Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán.

Con los datos de PV_i para cada proyección analizada (PV_i^B , PV_i^M , PV_i^A), como se muestra en la figura 4, y los datos de DP_{AM} , se estimó la cantidad de automóviles que se tendrán aplicando la ecuación 4.

Ecuación 10

$$AM_{EF} = PV_{j(B,M,A)} * DP_{EF}$$

Donde: AM_{EF} es el número de automóviles por entidad federativa, $PV_{j(B,M,A)}$ es el parque vehicular total final, B, M, A: población baja, media y alta respectivamente, DP_{EF} es la distribución porcentual de automóviles por entidad federativa para el año de referencia 2020.

Con la cantidad de AM_{EF} , el siguiente cálculo fue determinarlos por tipo de tren motriz (AMCIg: combustión interna a gasolina, AMCIId: Combustión interna a diésel, AMCIgn/gl: combustión interna a gas natural y gas licuado, AMHR: híbridos regulares, AMHE: híbridos enchufables, AMB: eléctricos, AMPH: de pila de hidrógeno), considerando la tendencia de penetración de la **Agencia internacional de Energía, 2017**, que considera tres tipos de escenarios (**Véase anexo A**), especificados a continuación:

RTS: Este es el escenario tecnológico de referencia el cual tiene en cuenta los compromisos actuales de los países para limitar las emisiones contaminantes y mejorar la eficiencia energética.

2DS: Establece una trayectoria del sistema energético en las emisiones de CO_2 , el cual plantea limitar el aumento promedio anual de la temperatura global a $2^\circ C$, así como también las emisiones anuales de CO_2 del sector energético hasta un 70% para el 2060.

B2DS: Dicho escenario va más allá de lo que plantea el segundo escenario, planteando llegar a límites más estrictos en las emisiones para el 2060.

De esta manera, la ecuación 5 calcula el número de automóviles por tipo de tren motriz.

Ecuación 11

$$AM_{TM} = AM_{EF} * DP_{TM}$$

Donde: AM_{TM} : es el número de automóviles por tipo de tren motriz, AM_{EF} : es el número de automóviles por entidad federativa, DP_{TM} : distribución porcentual por tipo de tren motriz de acuerdo con la IEA, 2017.

Para poder individualizar finalmente el número de automóviles por tipo de tren motriz en diez clases de automóviles ($AMCIg$, combustión interna a gasolina, $AMCIId$, combustión interna a diésel, $AMCIgn$, combustión interna a gas natural, $AMCIgl$, combustión interna a gas licuado, $AMHg$, híbridos regulares a gasolina, $AMHRd$, híbridos regulares a diésel, $AMHEg$, híbridos enchufables a gasolina, $AMHEd$, híbridos enchufables a diésel, $AMBT$, eléctricos y $AMPH$, de pila de hidrógeno), se consideró que los automóviles híbridos siguen la misma proporción que los automóviles de combustión interna a gasolina y diésel, y por lo que respecta a los de GN Y GLP se analizó el comportamiento del consumo de estos dos combustibles en el parque automotor en México (1999-2020) (**SENER, 2020**), calculando la tasa media de crecimiento anual (tmca) en este periodo, para posteriormente con este dato calcular el porcentaje de estos dos combustibles hasta el año 2050 (Véase anexo A).

5.3 Estimación del consumo de energía

Una vez obtenido el número final de automóviles por tipo de tren motriz, en diez clases de automóviles, el siguiente paso fue determinar la intensidad del consumo de energía. El primer paso para realizar fue la obtención de los kilómetros recorridos, esto para cada tipo de tecnología y entidad federativa, para este paso se utilizó la ecuación 6. (**Véase anexo A**).

Ecuación 12

$$KM_{TM} = AM_{TM} * KR_{EF}$$

Donde: KM kilómetros, AM_{TM} : es el número de automóviles por tipo de tren motriz, KR_{EF} son los kilómetros recorridos anualmente por entidad federativa.

Inmediatamente después haber obtenido dichos valores, se obtuvieron de la **Secretaría de Energía, 2017**, datos del rendimiento de los automóviles de combustión interna a gasolina, para el periodo 2017-2030, extrapolar esta información hasta el 2050. Subsiguientemente, se investigó la eficiencia (porcentaje) de los $AMCIId$, $AMHg$, $AMHd$, $AMHEg$, $AMHEd$, $AMBE$ y $AMPH$ con respecto a los $AMCIg$ (Referencias). Con esta información se logró determinar la intensidad de consumo de energía para los diferentes tipos de vehículos analizados (Véase anexo A).

Para el cálculo de consumo de energía por tipo de tecnología de automóvil en MJ/100 Km, se utilizó la ecuación 13. (**Véase anexo A**)

$$CE = (IEC * KM_{TM}) / 100$$

Donde: CE, es el consumo de energía en Mega Joule (MJ), IEC es la intensidad de consumo de energía en MJ /100 KM, KM_{TM} es el indicador kilometro por tipo de tren motriz,

Finalmente, para determinar el consumo combustible en unidades de volumen (litros), se utilizaron las siguientes equivalencias energéticas (**ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY,2022**) como se muestra en la tabla 3, dichas equivalencias se utilizaron para obtener todos los valores de consumo de combustibles en LITROS EQUIVALENTES DE GASOLINA, y con esto poder comparar los resultados obtenidos para cada tipo de tren motriz. (Véase anexo A).

Tabla 9 Contenido energético de los combustibles.

Energético	Equivalencia (MJ/LEG)
Diésel	32.62
Gas Natural	32.99
Gas Licuado	33.08
Electricidad	31.72
Hidrógeno	34.87

Nota: MJ, Mega joule: LEG, Litros Equivalentes de Gasolina

Capítulo 6 Resultados.

En este capítulo se muestran los gráficos que describen las proyecciones de vehículos por tipo de tren automotriz, así como las de combustibles y con esto poder tener una visión de lo que se espera en el futuro.

6.1 Total de Automóviles por zona geográfica.

En este apartado podemos observar el total de automóviles por zona geográfica, como se mencionó con anterioridad las entidades federativas se agruparon en cinco zonas geográficas como se muestra a continuación:

1. *Norte*: Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Sinaloa, Sonora y Tamaulipas.
2. *Centro norte*: Aguascalientes, Colima, Durango, Guanajuato, Jalisco, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas.
3. *Centro sur*: Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala.
4. *Centro*: Ciudad de México y Estado de México.
5. *Sur sureste*: Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán.

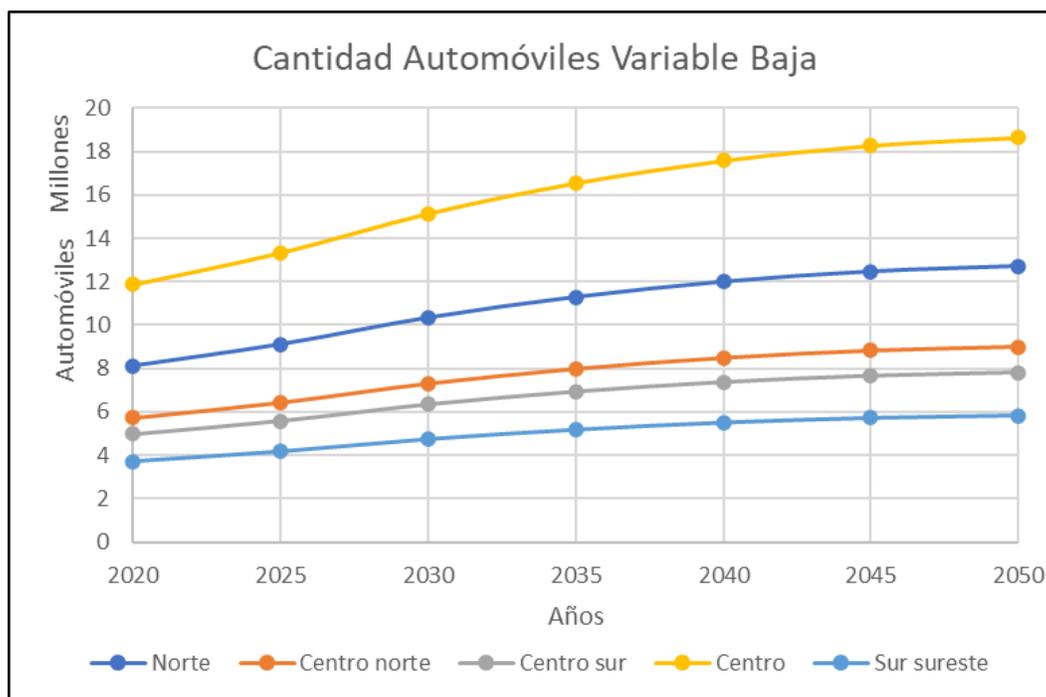


Ilustración 16 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050

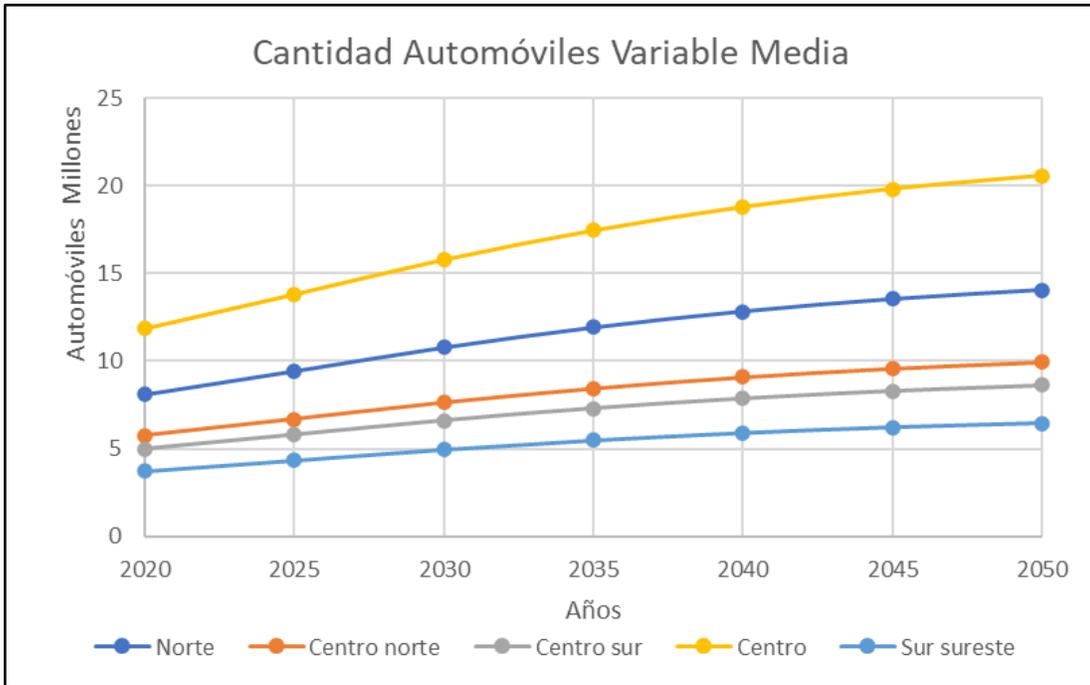


Ilustración 17 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050

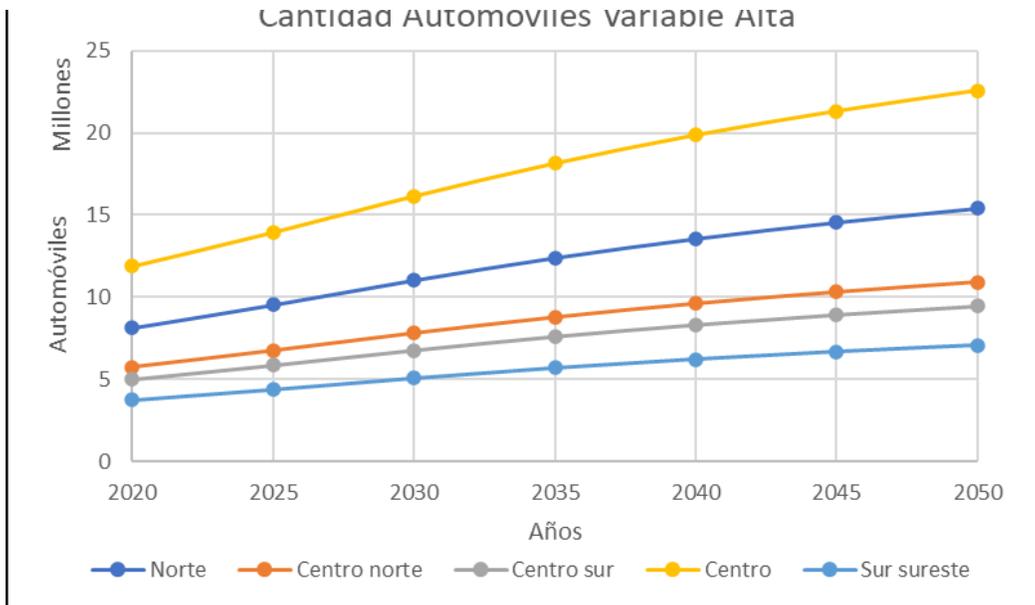


Ilustración 18 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050

En estas gráficas se logra observar la distribución del parque vehicular en millones con el paso de los años, en las cinco zonas geográficas en las que se dividió con anterioridad la

entidad federativa, se eligieron los años de cinco en cinco para que se lograra observar de manera más general el crecimiento que se tiene del parque vehicular, en los tres tipos de escenario que brindó la ONU acerca del crecimiento poblacional, en variable baja, variable media y variable alta.

6.2.1 Automóviles por tipo de tecnología escenario RTS (Variable Baja)

En las siguientes gráficas se muestra el comportamiento de cuatro tipo de automóviles que se eligieron para su análisis, el primer es el Automóvil de Combustión Interna a Gasolina (AMCIG), pues es el automóvil de mayor demanda en el país pues utiliza el combustible más utilizado y el que tiene más auge, Automóviles Eléctricos (AMEL) ya que son la segunda nueva tecnología con mayor demanda y por ultimo Automóviles de Pila de Hidrogeno (AMPH), aunque no es una tecnología con mucha demanda, es una tecnología que muestra que puede ser viable para el país, tanto en eficiencia como en control de emisiones y control de efecto invernadero.

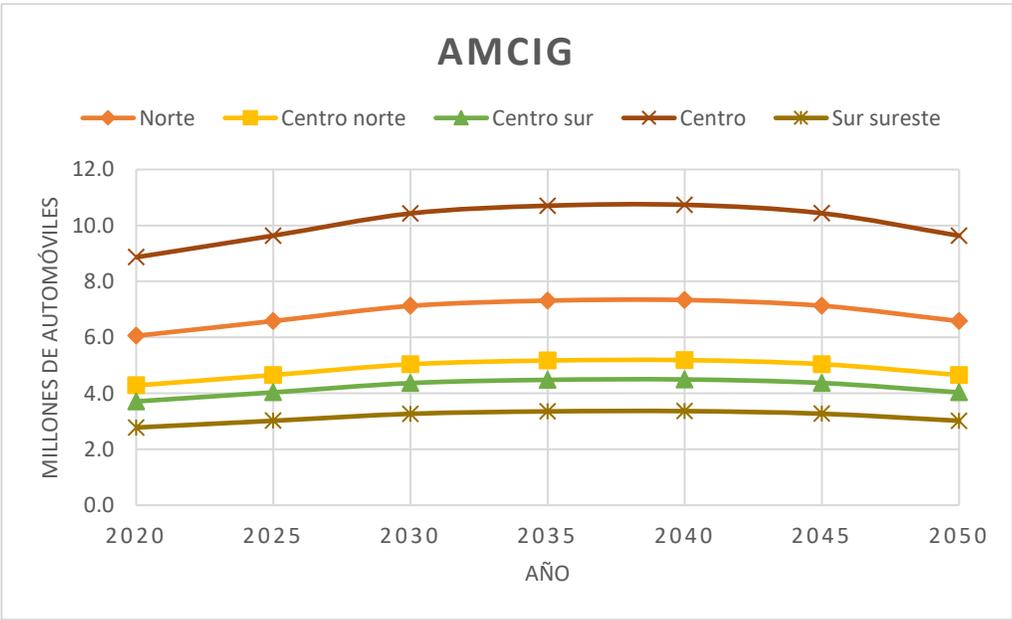


Ilustración 19 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050
AMIG

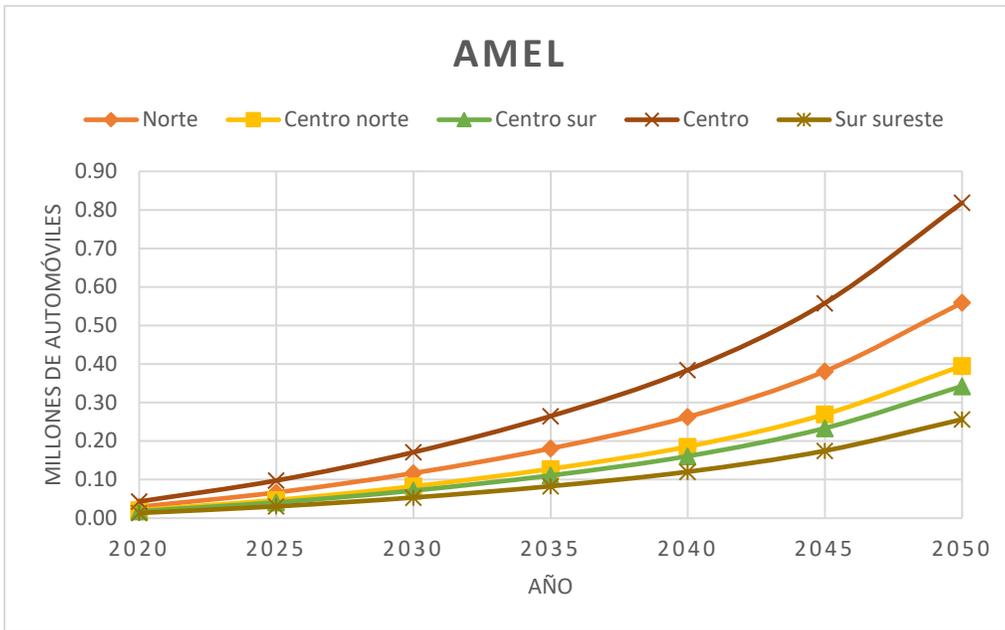


Ilustración 20 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMEL

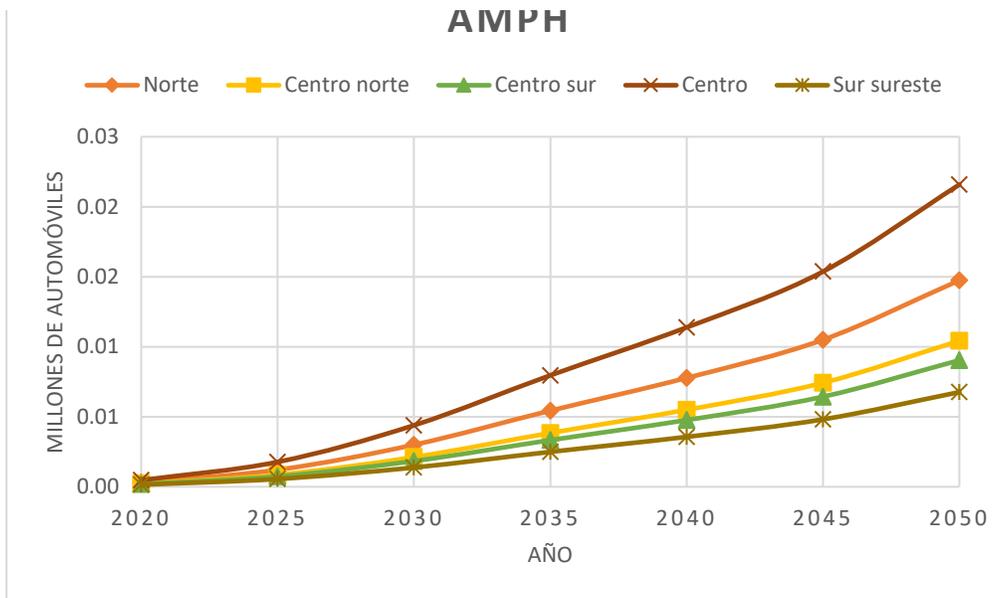


Ilustración 21 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMPH

Los datos observados van del año 2020 que es nuestra referencia hasta el año de 2050, en intervalos de 5 años para una mejor visualización. Esto para un escenario RTS.

Dichos datos y gráficos también se tienen para los diez tipos de tren automotriz, y para los distintos tipos de escenarios RTS; 2DS y B2DS, así como también para los distintos tipos de variable los cuales se pueden observar en el Anexo B.

6.2.2 Consumo de Combustible en Litros Equivalentes de Gasolina, escenario RTS (Variable Baja)

En la siguientes graficas se muestra el consumo de combustible en litros de gasolina o litros equivalentes de gasolina, ya sea uno u otro caso, por zona geográfica para una variable baja de población, cabe mencionar que es solo para 3 tipos de tren motriz como se mencionó anteriormente AMCIG, AMEL y AMPH.

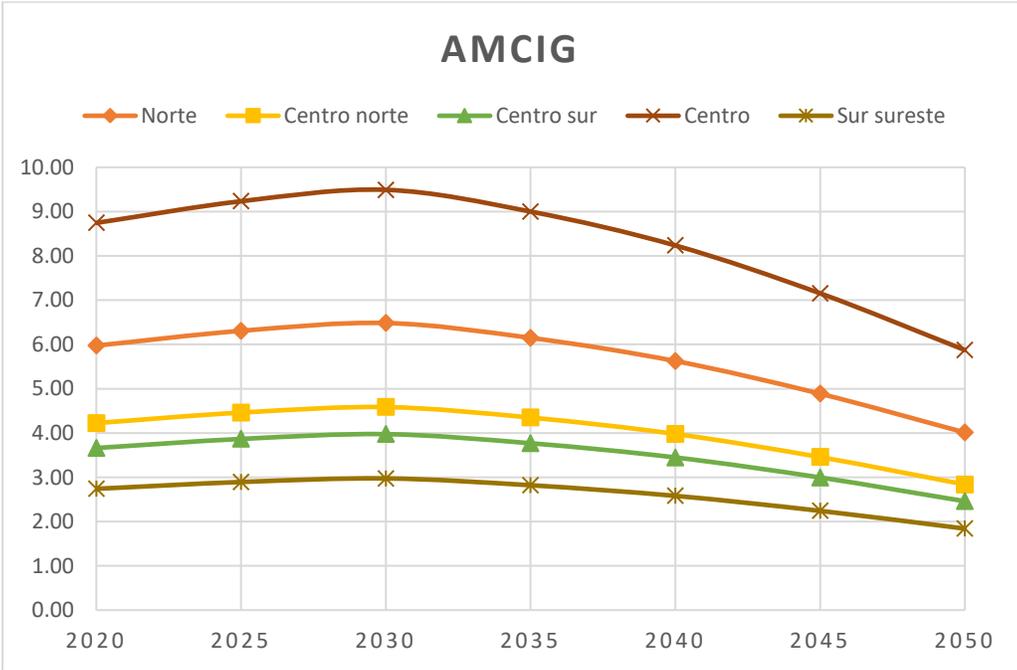


Ilustración 22 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMIG

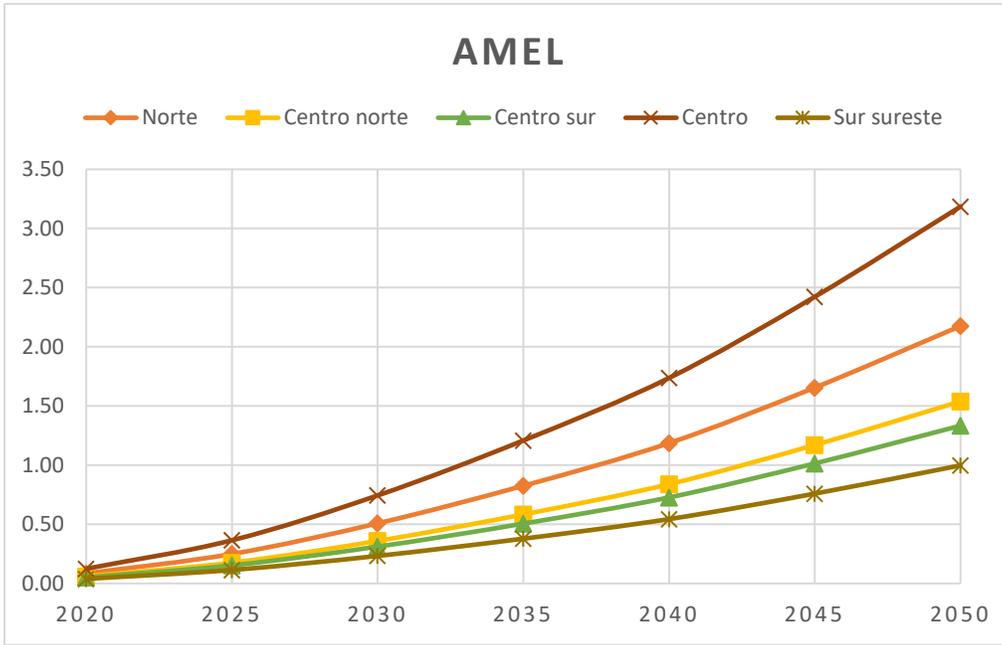


Ilustración 23 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMEL

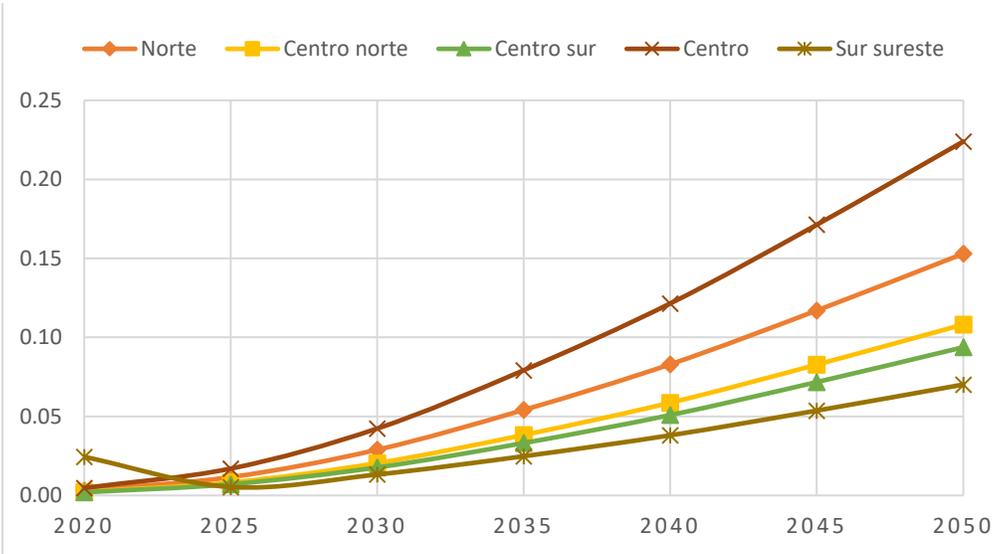


Ilustración 24 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMPH

Se logra apreciar en dichas graficas que el consumo de gasolina en automóviles de combustión interna va disminuyendo, mientras que el consumo en litros equivalente para nuevas tecnologías va aumentando, pues se van abriendo paso y generando nuevas tecnologías automotrices.

6.3.1 Automóviles por tipo de tecnología escenario 2DS (Variable Baja)

En las gráficas mostradas a continuación se logra visualizar el número de automóviles que hay en existencia en cada zona geográfica para una variable baja, cabe mencionar que es solo para 3 tipos de tren motor como se mencionó anteriormente AMCIG, AMEL y AMPH. Se aprecia el comportamiento de cada uno de los trenes automotrices a lo largo de los años. Esto para un escenario 2DS que empieza a ser más riguroso con el tema de reducción de emisiones.

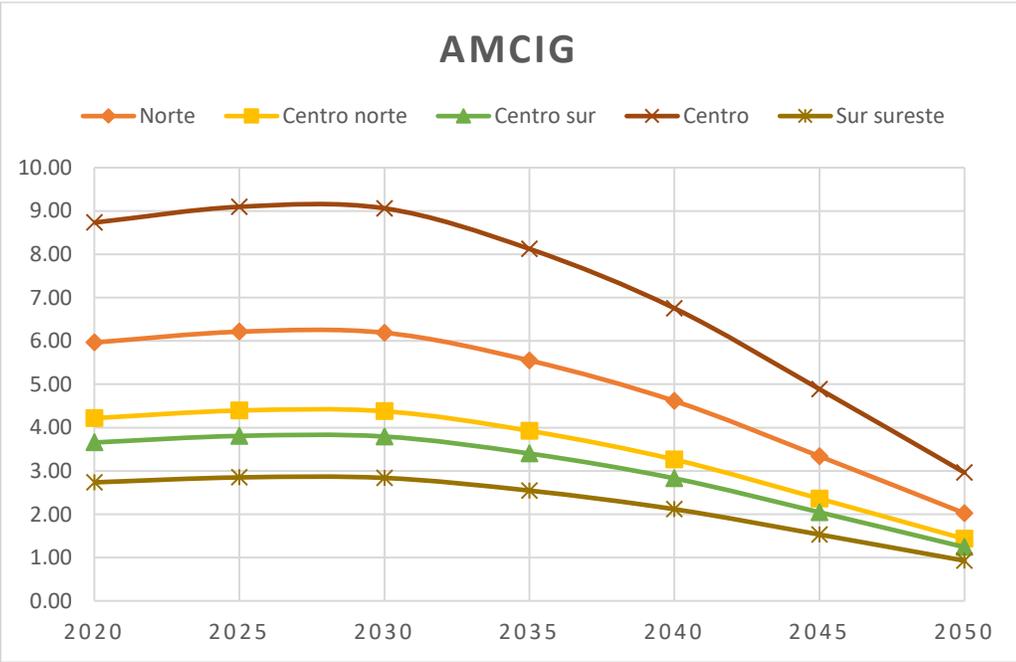


Ilustración 25 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMIG

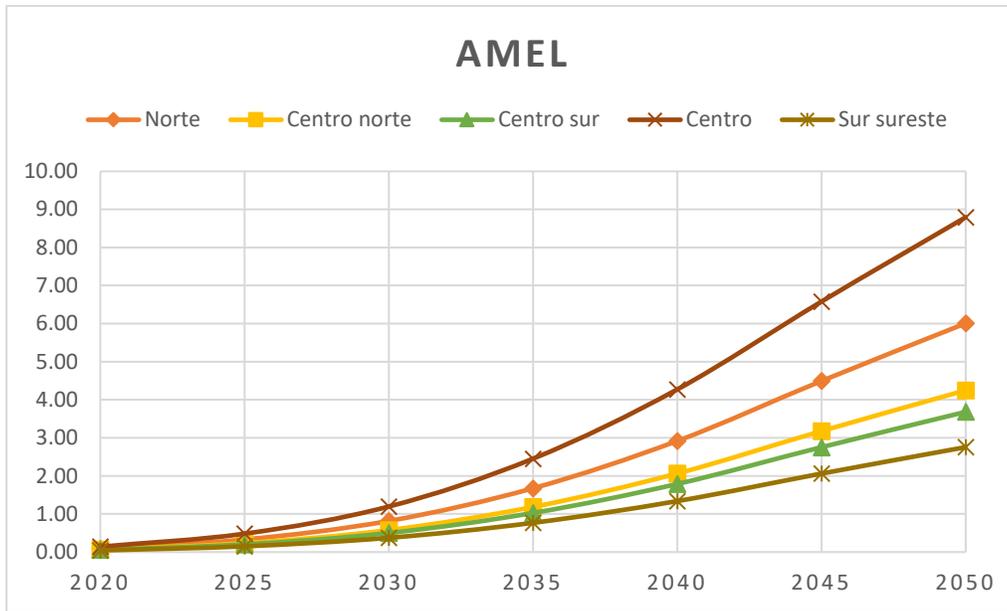


Ilustración 26 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMEL

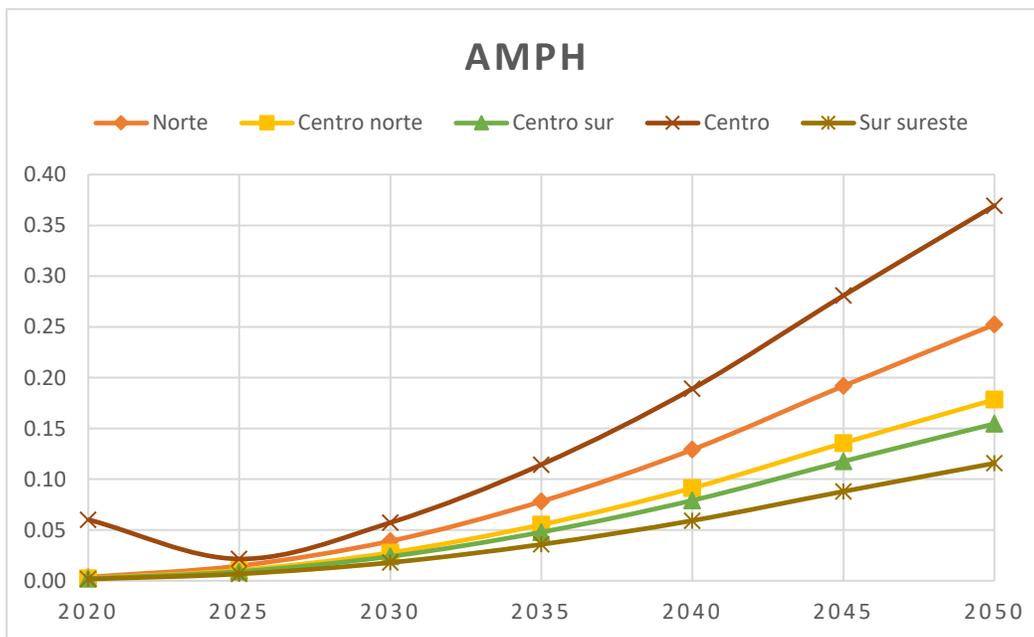


Ilustración 27 Cantidad de Automóviles en millones por zona geográfica de 2020 a 2050 AMPH

6.3.2 Consumo de Combustible en Litros Equivalentes de Gasolina escenario 2DS (Variable Baja)

De la Ilustración 28 a la Ilustración 30 se muestra el consumo de combustible en litros de gasolina o litros equivalentes de gasolina ya sea el caso, a través de los años para una variable poblacional baja.

Se logra observar cómo va en aumento de consumo de litros equivalentes de gasolina, pero no es tan grande como lo sigue siendo el consumo de gasolina, aunque este va disminuyendo. Para un escenario 2DS.

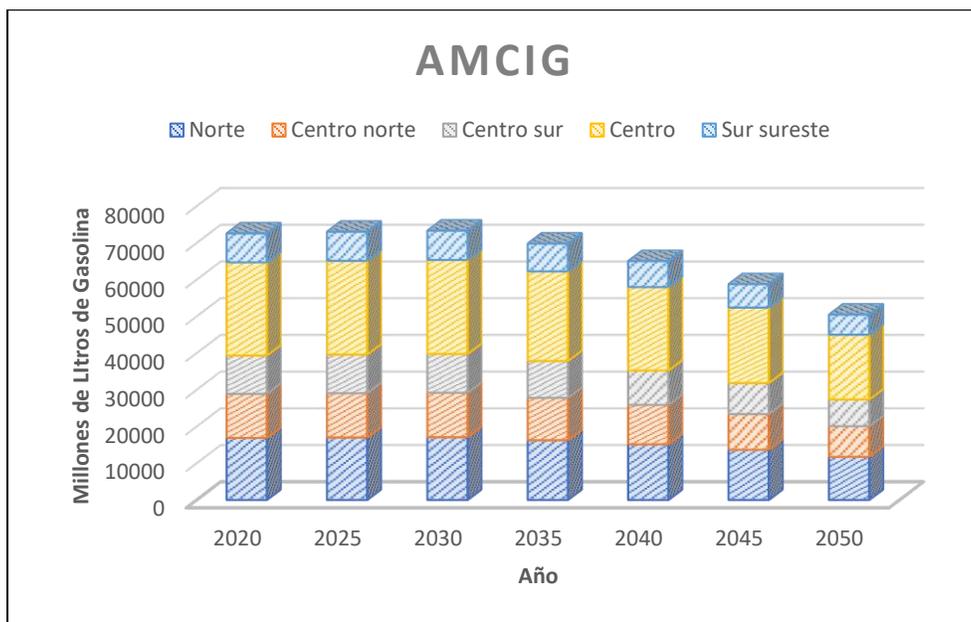


Ilustración 28 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMIG

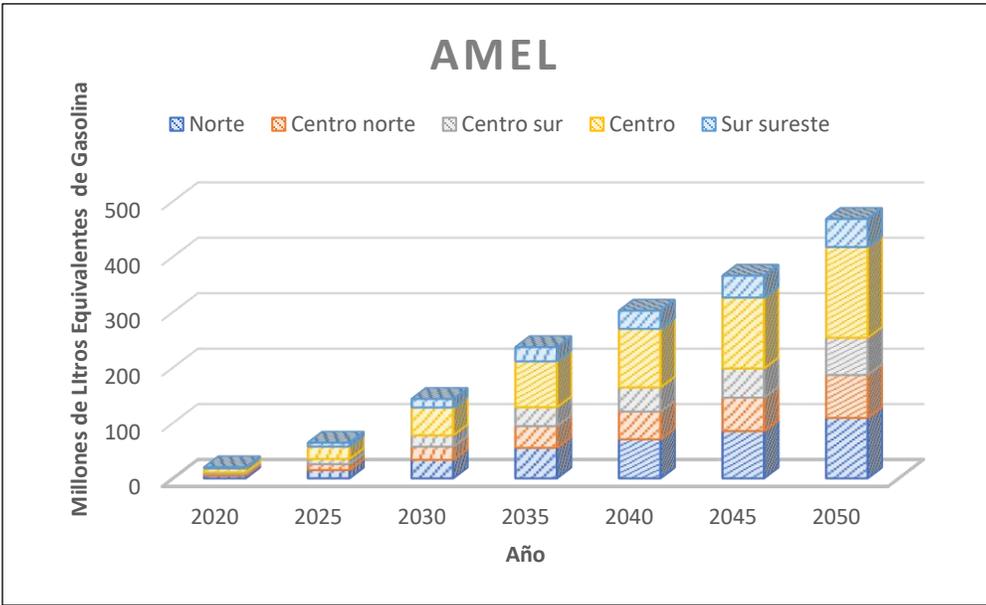


Ilustración 29 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMEL

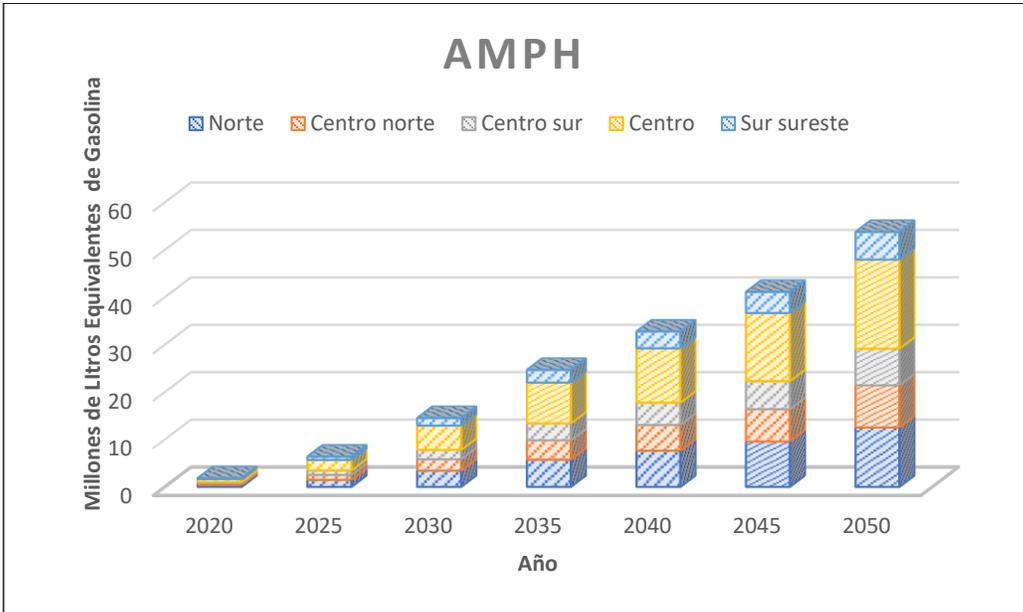


Ilustración 30 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMPH

6.4 Automóviles por tipo de tecnología escenario B2DS (Variable Baja).

De la Ilustración 31 a la ilustración 33, las gráficas muestran el número de automóviles, por zona geográfica para una variable baja, para un escenario B2DS con normas más estrictas y puntuales para lograr la disminución de gases nocivos para la salud y para el efecto invernadero entre otros. Con los tipos de tren automotriz seleccionados con anterioridad para una mejor comparación.

En estas graficas logra visualizar como es que los automóviles de combustión interna van en descendencia de una manera más rápida que en los otros casos pues al ser el escenario más estricto en emisiones los automóviles que generan más emisiones son aquellos que van en disminución y las nuevas tecnologías van en aumento a más rápido. Las gráficas con los demás tipos de trenes automotrices se encuentran en el anexo B.

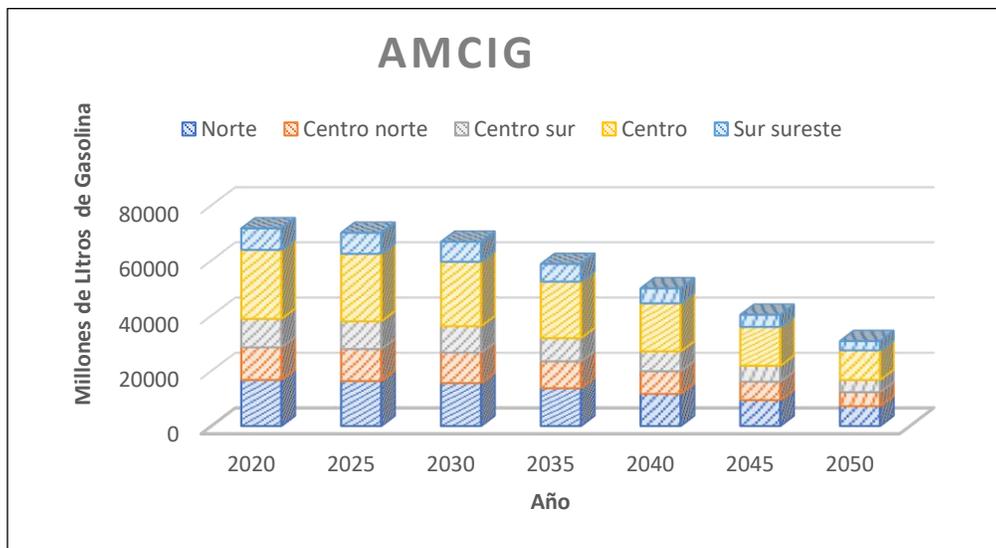


Ilustración 31 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMEL

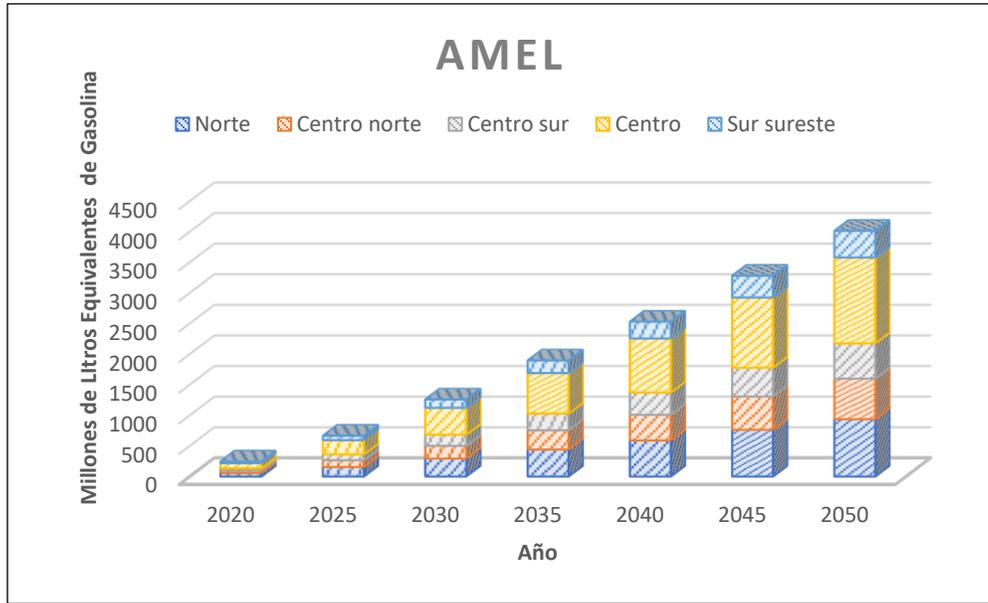


Ilustración 32 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMIG

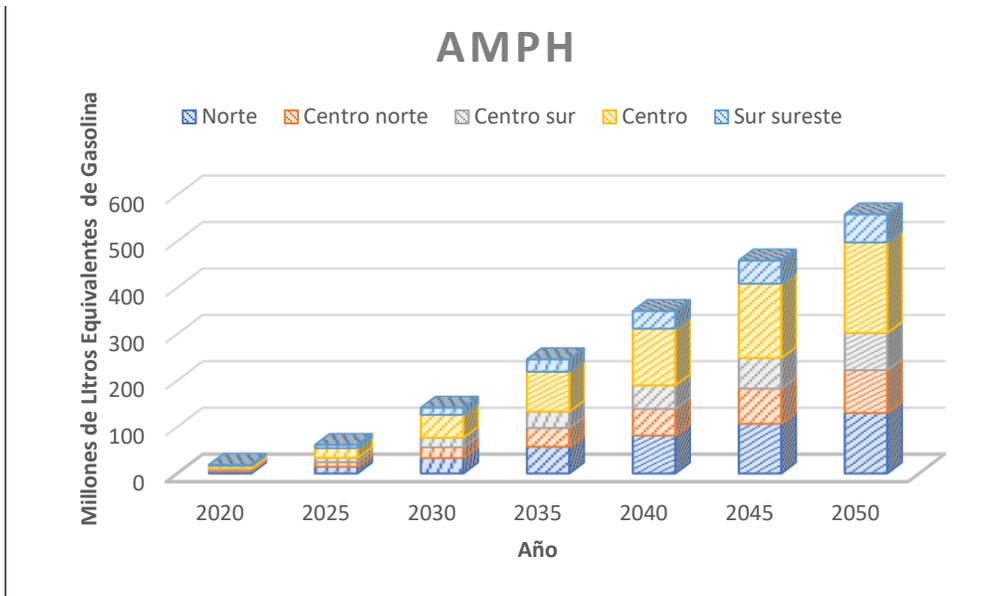


Ilustración 33 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMPH

6.4.1 Consumo de Combustible en Litros Equivalentes de Gasolina escenario 2BDS (Variable Baja)

De la Ilustración 34 a la ilustración 36 se muestra el consumo de combustible en litros de gasolina o litros equivalentes de gasolina ya sea el caso, así como su comportamiento a través del tiempo, al ser para una variable mucho más estricta se observa una gran variación al comparar con otros escenarios.

Como se logra observar que en los automóviles de combustión interna a gasolina tiene unidades de millones de litros en gasolina y los demás como por ejemplo los automóviles a pila de hidrogeno tiene unidades de millones de litros equivalentes de gasolina para lograr poder una comparación entre ellos.

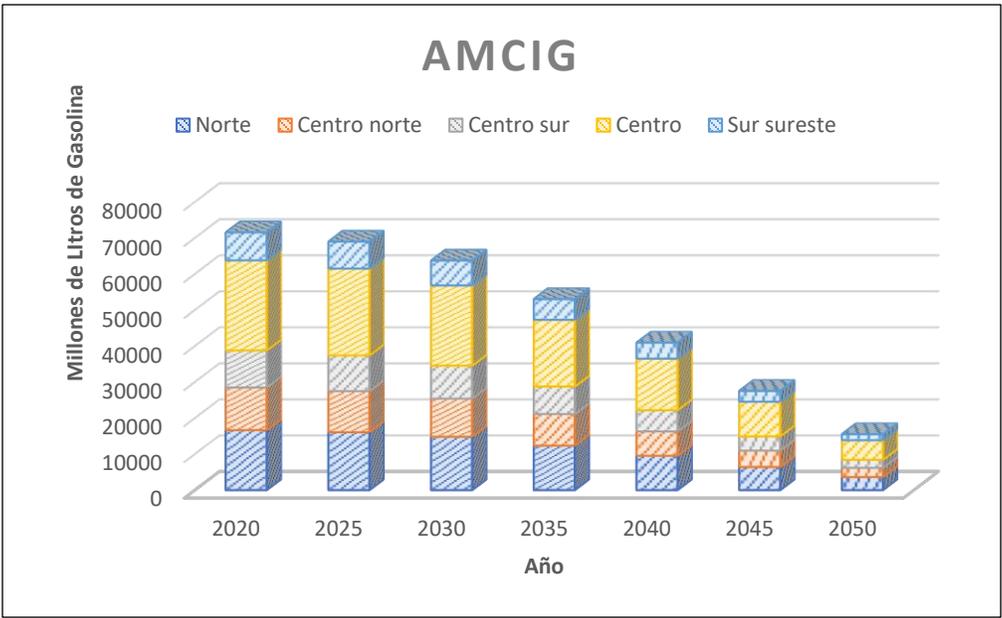


Ilustración 34. Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMIG.

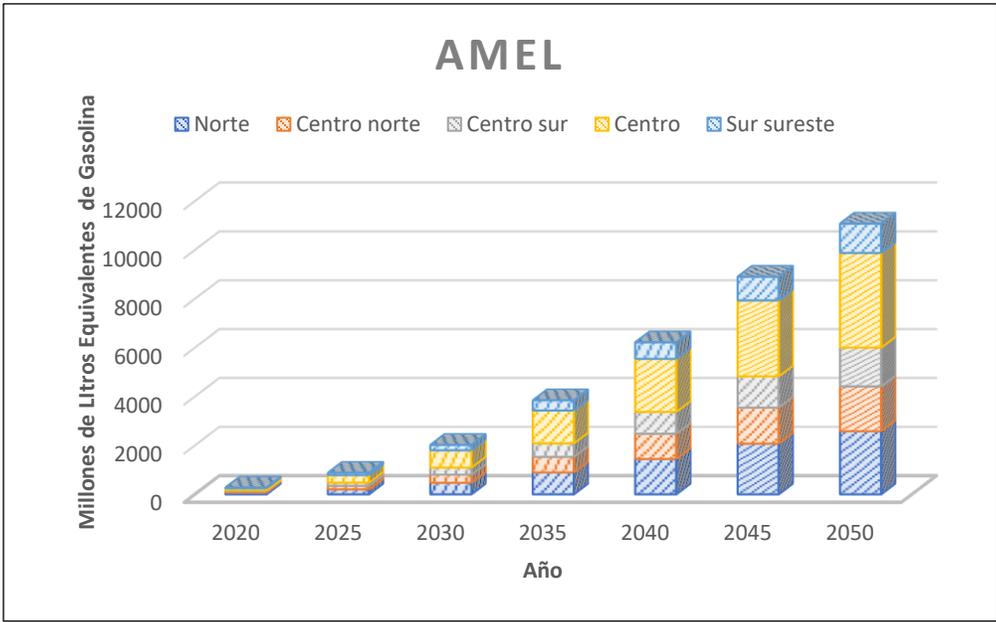


Ilustración 35 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMEL

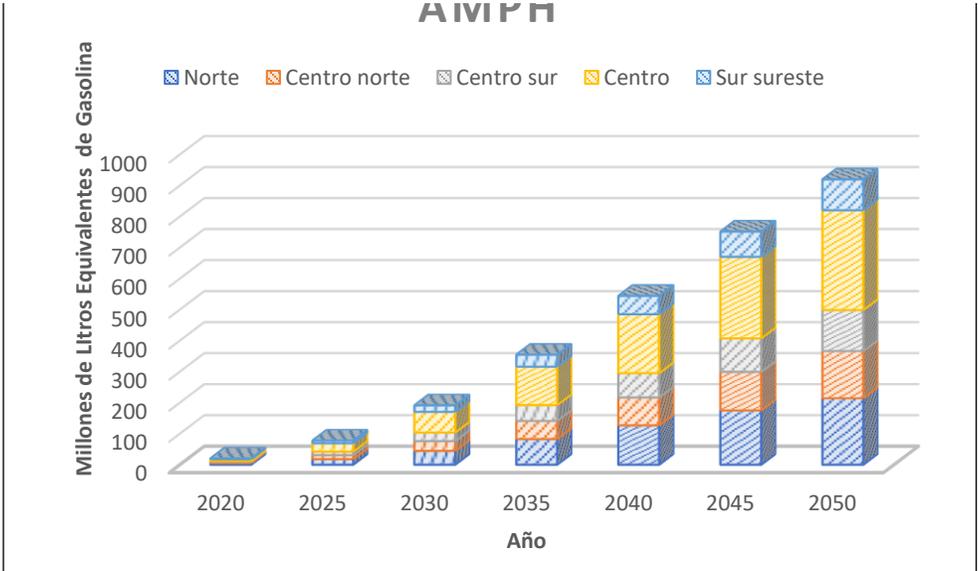


Ilustración 36 Consumo de combustible en millones de litros por zona geográfica de 2020 a 2050 AMPH

Análisis de Resultados

En la presente tesis se analizaron distintos datos sobre el parque vehicular en distintos tipos de tecnología, se puede observar que el parque vehicular aumenta con el paso del tiempo, pero también se espera que la eficiencia energética de estos y las energías limpias también lo hagan, por lo tanto, se podría reducir el consumo de combustible de todo el parque vehicular en general.

Como se muestra en las gráficas anteriores el parque automotriz de los automóviles que usan gasolina van disminuyendo mientras que las nuevas tecnologías como lo son los automóviles de pila de hidrogeno se van abriendo paso en la República Mexicana, puesto que se quiere no depender de los combustibles fósiles que son justamente aquellos los cuales son un recurso no sustentable a largo plazo y no solo eso, sino que también son los causantes en mayor medida del efecto invernadero y con esto el cambio climático y todos los problemas que traen consigo las emisiones nocivas provenientes de los automóviles de combustión interna. También es visible la variación del crecimiento de las nuevas tecnologías en los distintos escenarios RTSS, 2DS y B2DS, siendo este último en el cual se aprecia un mayor crecimiento pues en este se toma en cuenta que se están respetando todas las normas ambientales pertinentes y se es más estricto en la reducción de las emisiones nocivas que se tienen, esto no solo en el sector automotriz, aunque claramente se aprecia que afecta de manera radical.

Por otra parte, se puede observar que la zona centro espera un mayor crecimiento en cuanto al parque vehicular puesto que es la zona de mayor desarrollo económico del país, y es donde hay mayor número de población y como se observa en el desarrollo a mayor población mayor demanda de automóviles, por lo tanto, también se espera que sea la que mayor consumo de combustible tenga.

Se busca que la mejor solución a una mejora del consumo de combustible sea invertir en transporte público eficiente y en sistemas de ciclovías, como se puede observar en los casos de Europa, puesto que las energías renovables de momento aún no pueden garantizar un suministro confiable y que sean fuentes firmes de energía, debido que muchas de estas se encuentran dentro de las fuentes intermitentes no despachables, con la inversión en transporte público y la mejora en la eficiencia que se espera, el consumo de combustibles se debe mantener dentro de parámetros que permitan desarrollar la economía y al mismo tiempo satisfacer las necesidades de transporte sin dañar el medio ambiente, teniendo así un estimado en los próximos años del crecimiento del parque automotor para distintos tipos de trenes motrices en el país así como también un aproximado del consumo de combustible y con esto poder tener una idea clara de que nos espera a futuro y qué medidas tomar para que el uso de nuevas tecnologías nos resulte eficiente.

Conclusiones.

Se pudo dar un modelo cuya solución ayuda a predecir el comportamiento de crecimiento de la población y relacionarlo con sus necesidades en transporte y por ende estas con el consumo de energéticos en el país.

Las ventajas que se tienen en cuanto los modelos analizados es que nos da una idea de cómo se van distribuyendo en el país con el paso de los años, cómo está van aumentando o disminuyendo, una de las desventajas de estos modelos es que con el paso de la pandemia por el país se han agregado distintos tipos de medios de transporte que van más allá de los automóviles y ha cambiado el comportamiento que hasta ahora teníamos, pues no solo se trata de automóviles.

En cuanto a datos tenemos que en la zona Centro del país que para AMCIg se tiene un aumento de automóviles para el año 2050 de 0.6 millones de automóviles mientras que para tecnologías como lo son AMEL y AMPH tenemos aumentos de alrededor de 0.002 millones de automóviles, así bien no son cantidades equiparables se puede apreciar una cierta disminución de automóviles de combustión interna lo que hace que se habrá paso a las nuevas tecnologías y con esto nuevas ramas de oportunidades en lo que respecta accesibilidad fuentes de suministro. Por otro lado, se puede apreciar que la zona metropolitana del país corresponde a un 34.96 % del total de los automóviles encabezando así la mayor distribución de automóviles seguido de la zona Norte con un 23.30% y posteriormente la zona centro norte con un porcentaje de 16.53%, esto nos da un panorama de en donde se tiene que centrar la atención para la mejora de distribución de combustibles y energías.

Cómo trabajo a futuro de tiene que mejorar la distribución de energías en la zona metropolitana de la Ciudad de México, para que se puedan seguir introduciendo nuevas tecnologías como lo son los automóviles híbridos o eléctricos, es importante mencionar que para traer nuevas tecnologías al país se tiene que hacer más accesible el poder cargar un carro de estos y hacerlo más accesible para la sociedad. En la presente tesis se analizaron las opciones y alternativas sustentables con el medio ambiente en cuestión de transporte que logran disminuir la cantidad de combustibles fósiles que consumen para su uso y operación como lo son los autos eléctricos o de hidrogeno, los cuales no utilizan estos combustibles fósiles, pero en el caso de los autos eléctricos puede que la generación de electricidad que se usa para alimentarlos sí esté relacionada con el gas natural del país, esto dependiendo de la zona de generación y el horario en el que se carga el auto.

Como se pudo apreciar la tecnología ha avanzado a pasos agigantados en los últimos años en la cuestión de autotransporte, así como también su forma de alimento, puesto que se ha ido adaptando a cuestiones culturales, ambientales y de crecimiento poblacional.

En el mundo la cantidad de combustibles fósiles no se daría abasto para satisfacer las necesidades de una población creciente, por lo tanto, existe esa necesidad de explorar alternativas para alimentar energéticamente los vehículos de traslado terrestre.

Se logra observar en todos las variables de población (VA, VM,VA) que las nuevas tecnologías se van abriendo paso en el mercado haciendo que las tecnologías antiguas, aquellas las que más contaminan vayan disminuyendo, haciendo que la gasolina no sea el único recurso del cual se dependa, pues esta es uno de los factores que más contaminan en el medio ambiente, contribuyendo a al cambio climático, se logra visualizar que en los distintos escenarios que se tomaron en cuenta RTS, 2DS y B2DS hay una gran diferencia en la disminución y aumento del parque vehicular y del consumo de combustible pues al ser uno cada vez más estricto que el otro nos muestra cómo se irían comportando si se aplican normas necesarias para cumplir con los propósitos de dichos escenarios, lo cual contribuye a que nuevas tecnologías se posicionen en el mercado, dándonos nuevas alternativas más eficientes y menos nocivas para el autotransporte en el país.

También se observa como las antiguas tecnologías van disminuyendo a lo largo del tiempo y se van sustituyendo por las nuevas, marcando una diferencia en los requerimientos que va teniendo la población a lo largo de los años.

Además se puede agregar que la inversión en infraestructura es necesaria en el país, tanto para transporte público como carreteras y generación de energía, puesto que las necesidades de la población lo requieren, se espera que la necesidad de transporte automotriz crezca y para que los recursos naturales sean suficientes sin afectar los ecosistemas y el medio ambiente, se deben planear las modificaciones futuras que se harán a transporte y carreteras, de igual forma, el transporte privado generaría crecimiento de contaminantes y congestión en tránsito, es por eso que la sugerencia sería considerar medios de transporte masivos y energías alternativas para alimentar estas tecnologías.

Entonces se tiene presente la importancia de la innovación en el ámbito automotriz para cumplir las expectativas de eficiencia y las que se generan en el sector ambiente, para un mejor funcionamiento y así lograr adaptarse a las necesidades de la sociedad en momentos específicos.

Apéndices

Anexo A

Datos Históricos Población, Producto Interno Bruto y Parque Vehicular.

Tabla 10 Datos históricos de Población, PIB y Parque Vehicular en la Ciudad de México de 1990 a 2020

	DATOS HISTÓRICOS NACIONAL		
Año	Población Total	PIB Real	Parque Vehicular (PV)
1990	83,943,135	1,191,564	9,862,108
1991	85,512,621	1,241,533	10,602,143
1992	87,075,136	1,285,848	11,260,184
1993	88,625,440	1,310,915	11,593,078
1994	90,156,396	1,375,689	11,161,089
1995	91,663,290	1,289,141	11,317,646
1996	93,147,045	1,376,458	11,750,028
1997	94,611,008	1,470,702	12,585,187
1998	96,056,313	1,546,648	13,562,820
1999	97,484,823	1,589,236	14,385,864
2000	98,899,845	1,667,783	15,611,916
2001	100,298,152	1,661,038	17,300,530
2002	101,684,764	1,660,377	18,784,594
2003	103,081,020	1,684,392	19,806,960
2004	104,514,934	1,750,430	20,878,438
2005	106,005,199	1,790,827	22,138,478
2006	107,560,155	1,871,326	24,907,229
2007	109,170,503	1,914,206	26,747,197
2008	110,815,272	1,936,097	29,287,903

2009	112,463,886	1,833,760	30,890,136
2010	114,092,961	1,927,614	31,635,012
2011	115,695,468	1,998,222	33,275,469
2012	117,274,156	2,071,004	34,875,837
2013	118,827,158	2,099,047	36,744,838
2014	120,355,137	2,158,865	38,027,171
2015	121,858,251	2,229,960	39,975,998
2016	123,333,379	2,288,620	42,454,265
2017	124,777,326	2,336,981	45,853,522
2018	126,190,782	2,388,278	47,783,926
2019	127,575,529	2,386,976	49,869,688
2020	128,932,753	2,190,301	51,215,678

Automóviles por Zona Geográfica

Tabla 11 Millones de Automóviles por zona geográfica de 2020 a 2050 en intervalos de 5 años

	Automóviles por zona geográfica VB						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Norte	8113856	9112270	10343210	11297644	12004017	12474053	12723113
Centro norte	5737986	6444048	7314549	7989508	8489044	8821446	8997577
Centro sur	4973224	5585182	6339661	6924662	7357620	7645718	7798375
Centro	11878962	13340674	15142812	16540136	17574291	18262439	18627072
Sur sureste	3721667	4179620	4744228	5182008	5506008	5721604	5835843

Tabla 12 Millones de Automóviles por zona geográfica de 2020 a 2050 en intervalos de 5 años.

	Automóviles zona geográfica VM						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Norte	8113856	9112270	10343210	11297644	12004017	12474053	12723113
Centro norte	5737986	6444048	7314549	7989508	7357620	8821446	8997577
Centro sur	4973224	5585182	6339661	6924662	17574291	7645718	7798375
Centro	11878962	13340674	15142812	16540136	17574291	18262439	18627072
Sur sureste	3721667	4179620	4744228	5182008	5506008	5721604	5835843

Tabla 13 Millones de Automóviles por zona geográfica de 2020 a 2050 en intervalos de 5 años.

	Automóviles zona geográfica VA						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Norte	8113856	9112270	10343210	11297644	12004017	12474053	12723113
Centro norte	5737986	6444048	7314549	7989508	8489044	8821446	8997577
Centro sur	4973224	5585182	6339661	6924662	7357620	7645718	7798375
Centro	11878962	13340674	15142812	16540136	17574291	18262439	18627072
Sur sureste	3721667	4179620	4744228	5182008	5506008	5721604	5835843

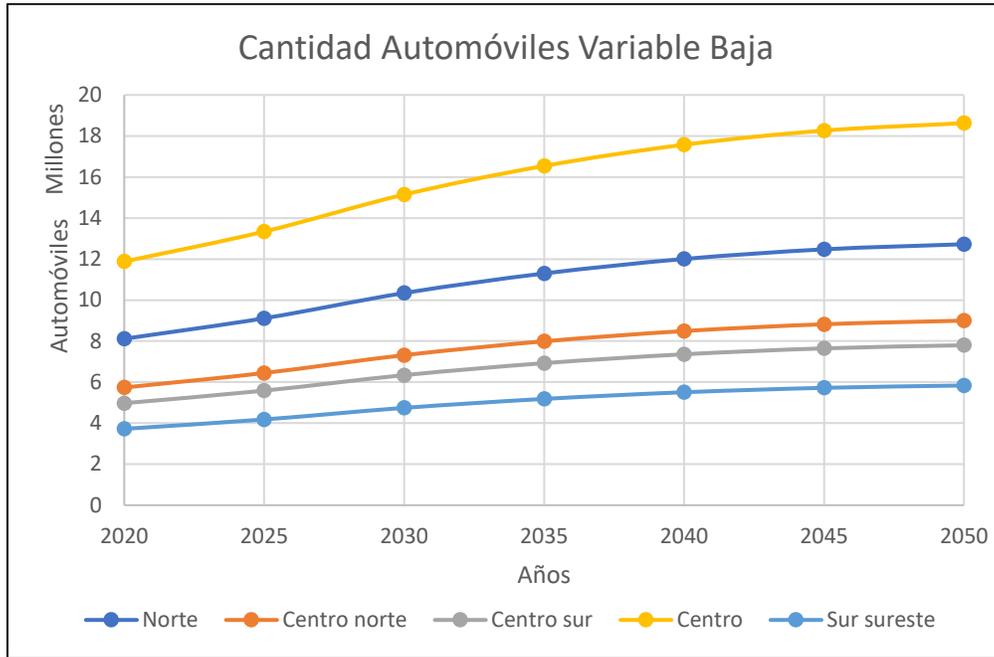


Ilustración 37 Millones de Automóviles por zona geográfica en intervalos de 5 años de 2020 a 2050

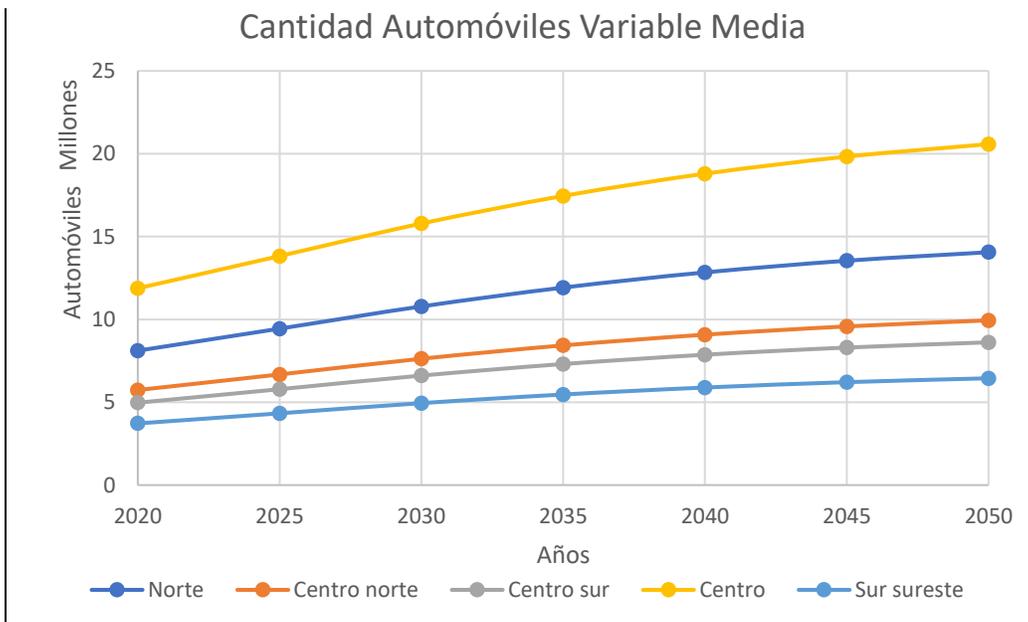


Ilustración 38 Millones de Automóviles por zona geográfica en intervalos de 5 años de 2020 a 2050

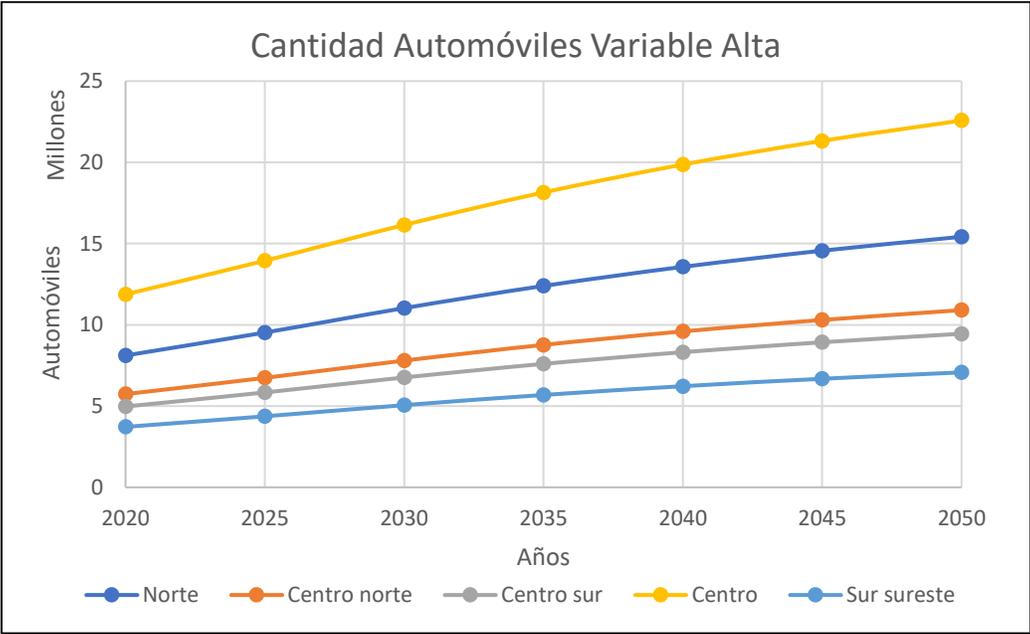


Ilustración 39 Millones de Automóviles por zona geográfica en intervalos de 5 años de 2020 a 2050

Tasa Media de Crecimiento

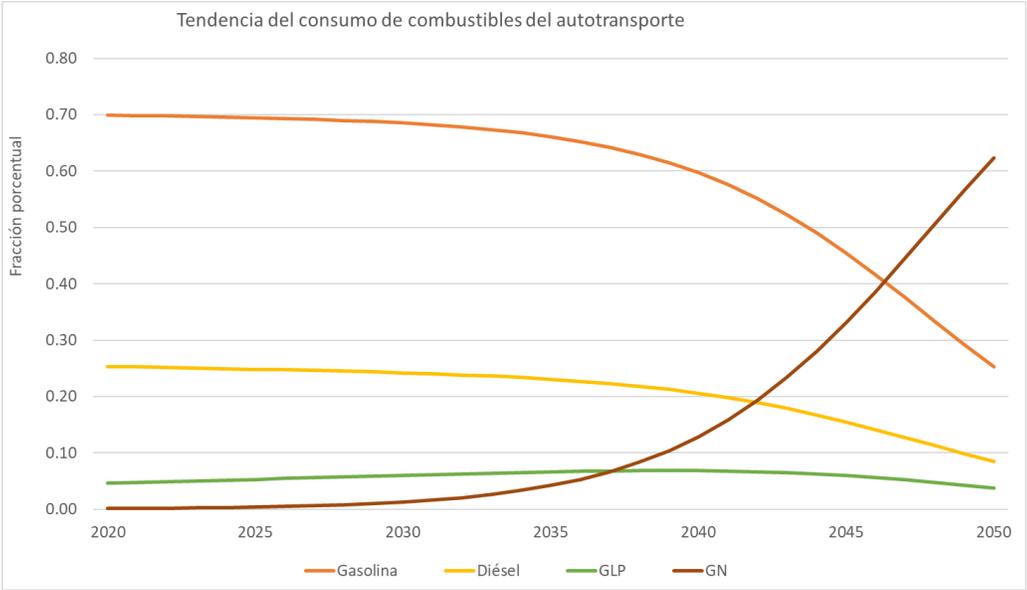


Ilustración 40 Tasa media de crecimiento de combustibles en fracción porcentual de 2020 a 2050

Anexo B

Automóviles por tipo de tecnología escenario RTS (Variable Baja)

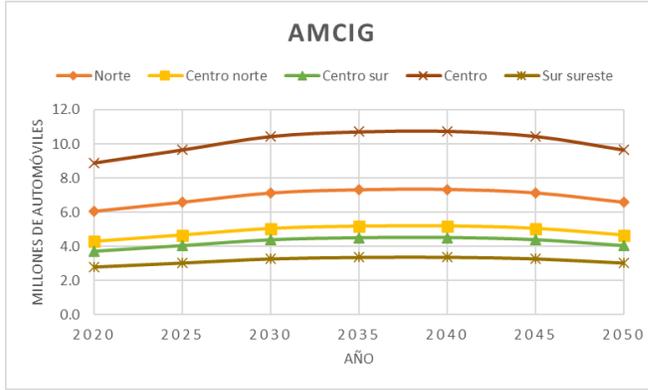


Ilustración 42 Millones de Automóviles AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

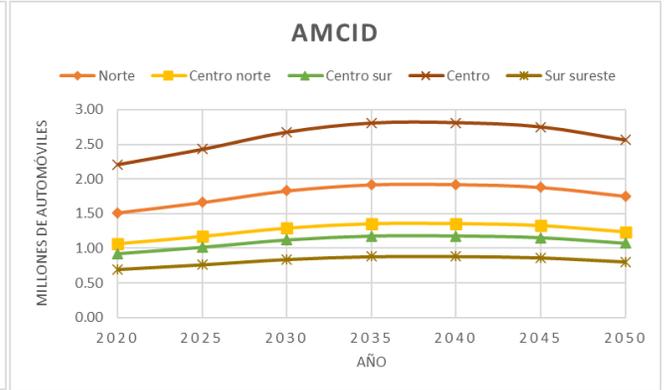


Ilustración 41 Millones de Automóviles AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

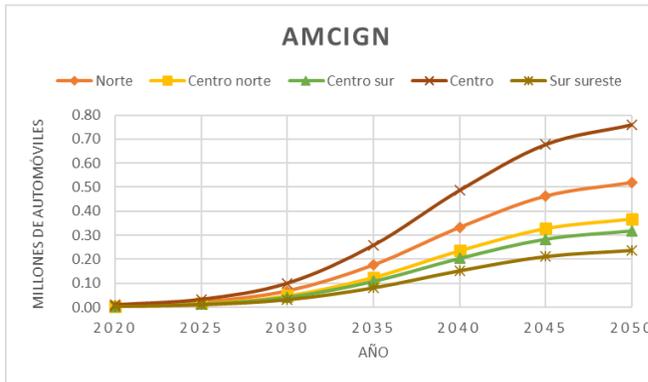


Ilustración 44 Millones de Automóviles AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

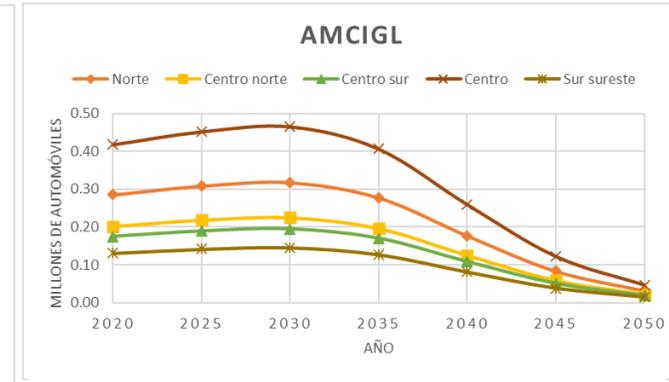


Ilustración 43 Millones de Automóviles AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

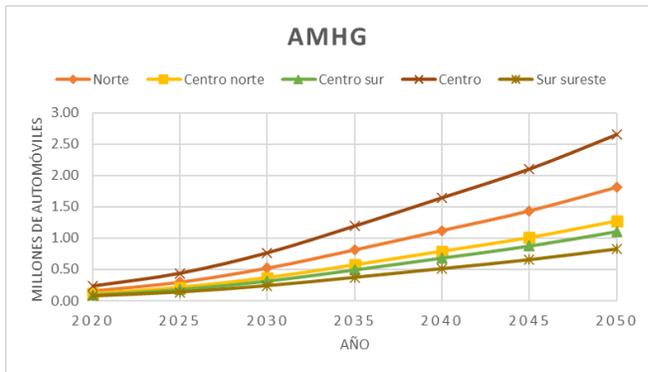


Ilustración 45 Millones de Automóviles AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

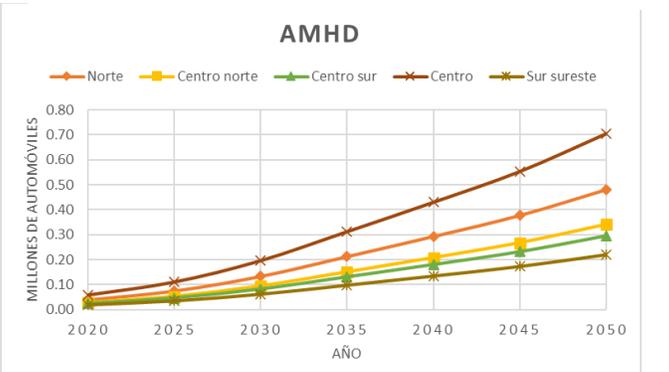


Ilustración 46 Millones de Automóviles AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

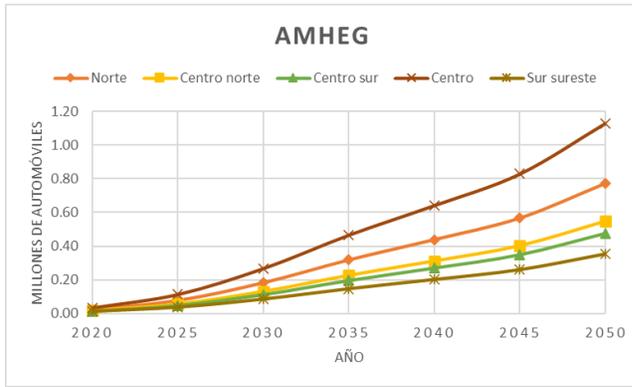


Ilustración 47 Millones de Automóviles AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

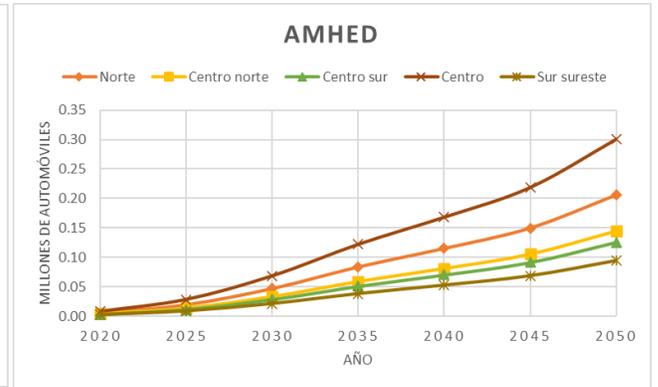


Ilustración 48 Millones de Automóviles AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

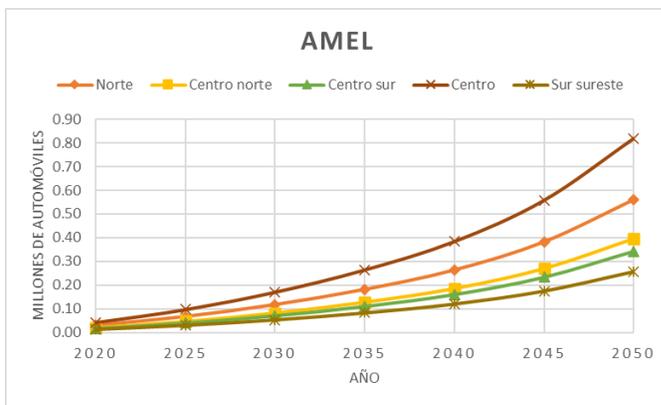


Ilustración 50 Millones de Automóviles AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

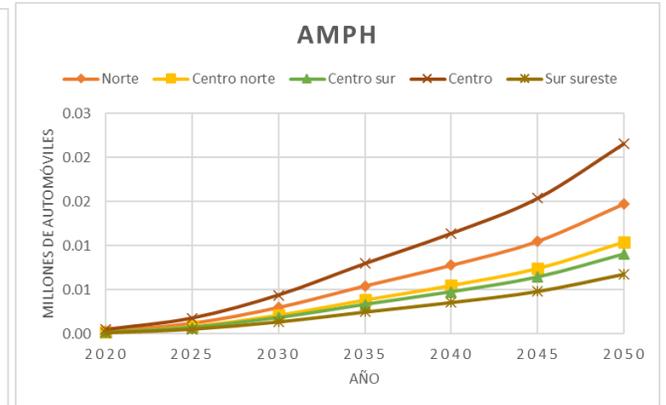


Ilustración 49 Millones de Automóviles AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Automóviles por tipo de tecnología escenario 2DS (Variable Baja)

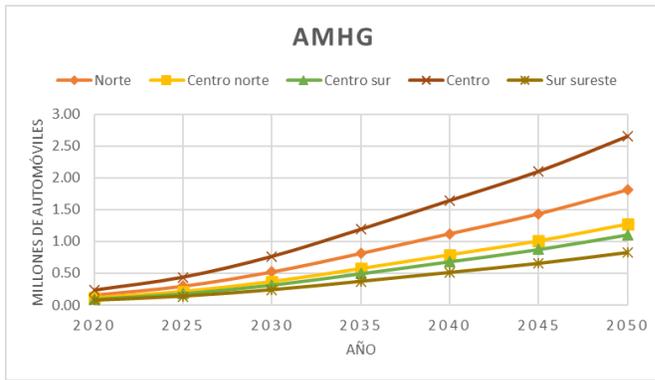


Ilustración 51 Millones de Automóviles AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

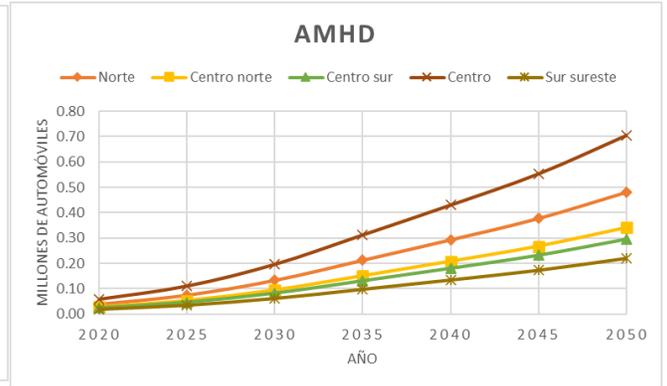


Ilustración 52 Millones de Automóviles AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

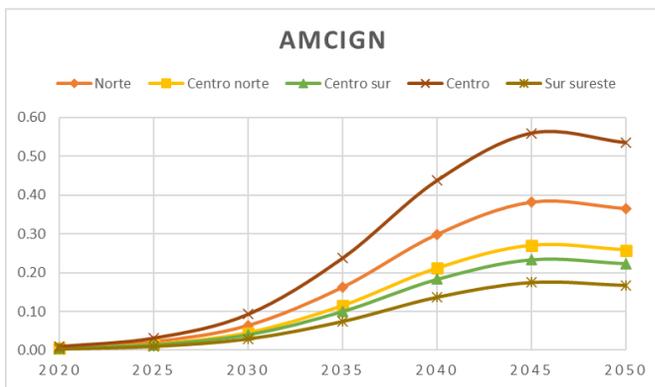


Ilustración 53 Millones de Automóviles AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

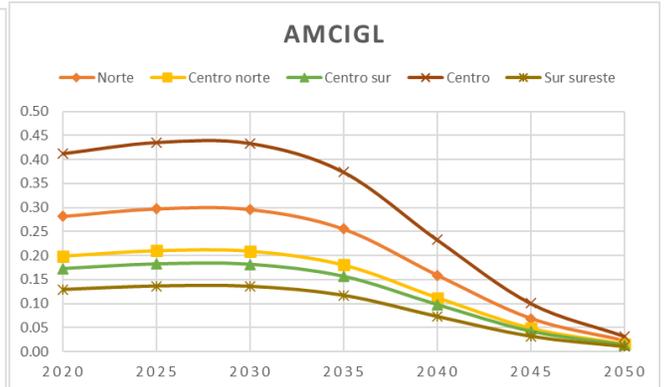


Ilustración 54 Millones de Automóviles AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

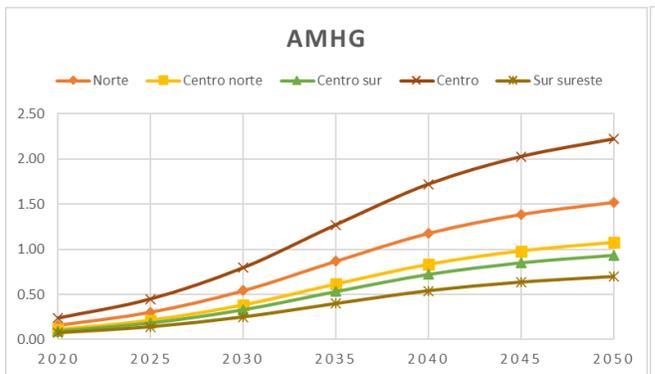


Ilustración 55 Millones de Automóviles AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

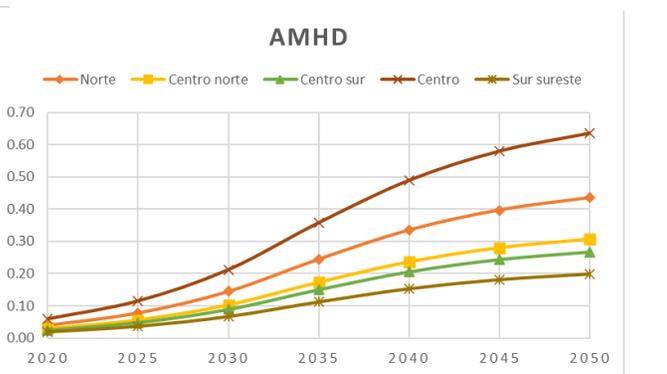


Ilustración 56 Millones de Automóviles AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

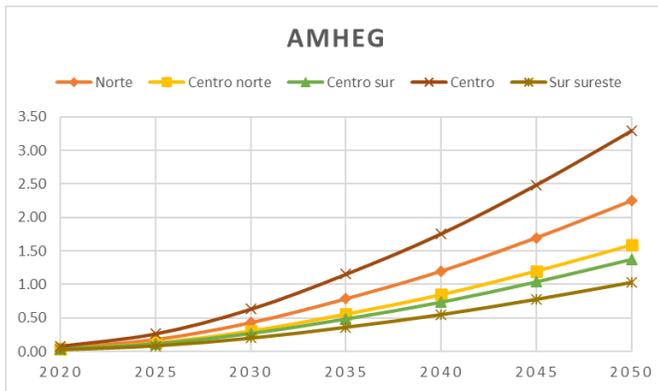


Ilustración 57 Millones de Automóviles AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

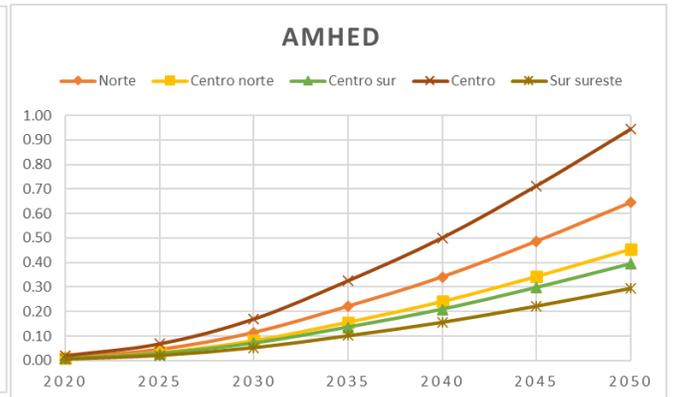


Ilustración 58 Gráfica.44 Millones de Automóviles AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

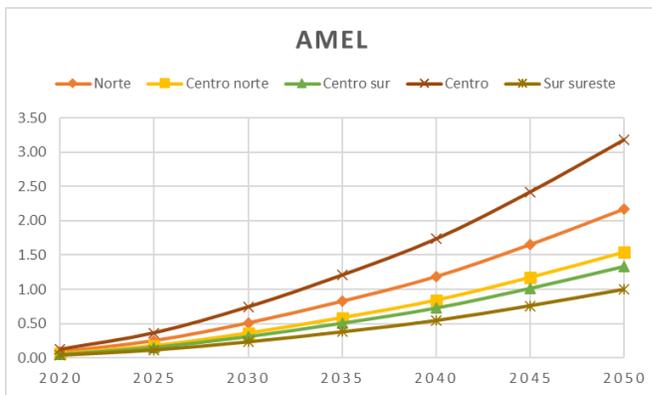


Ilustración 60 Millones de Automóviles AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

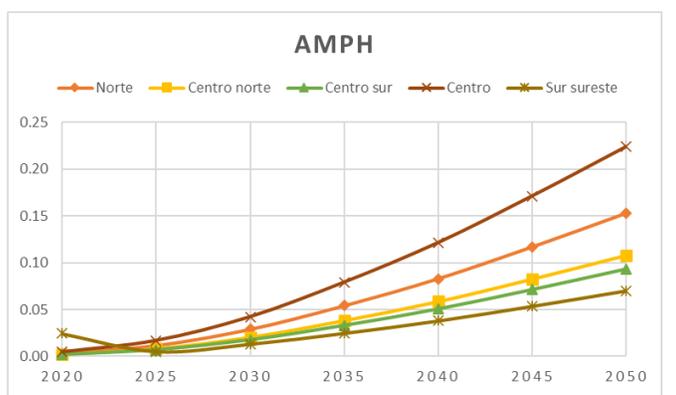


Ilustración 59 Millones de Automóviles AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Automóviles por tipo de tecnología escenario B2DS (Variable Baja).

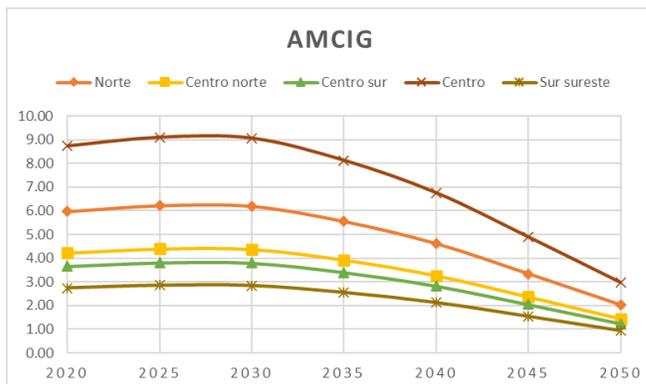


Ilustración 61 Millones de Automóviles AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

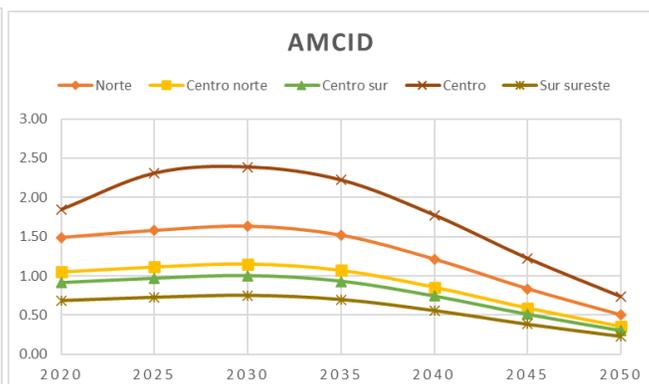


Ilustración 62 Millones de Automóviles AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

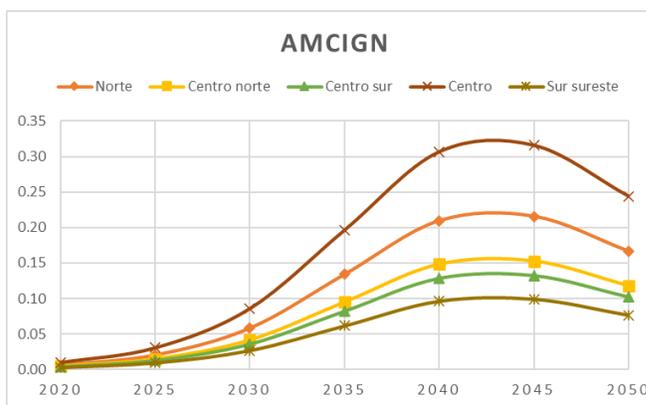


Ilustración 63 Millones de Automóviles AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

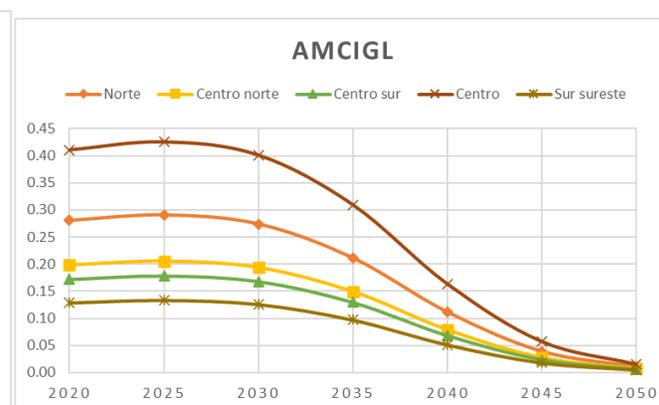


Ilustración 64 Millones de Automóviles AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

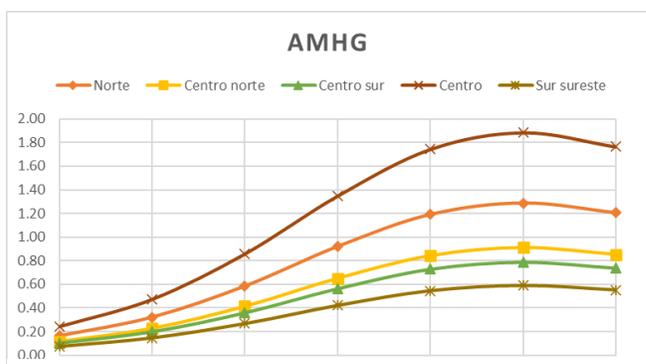


Ilustración 65 Millones de Automóviles AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050



Ilustración 66 Millones de Automóviles AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

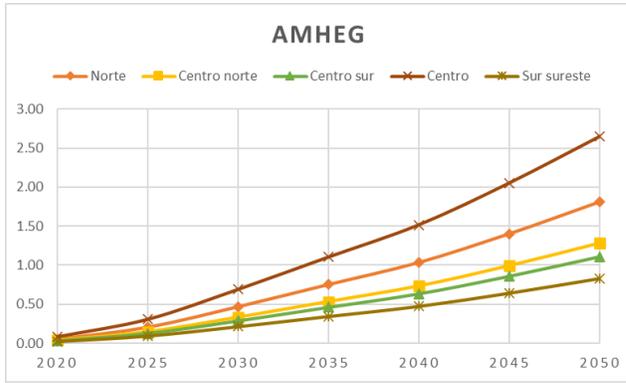


Ilustración 67 Millones de Automóviles AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

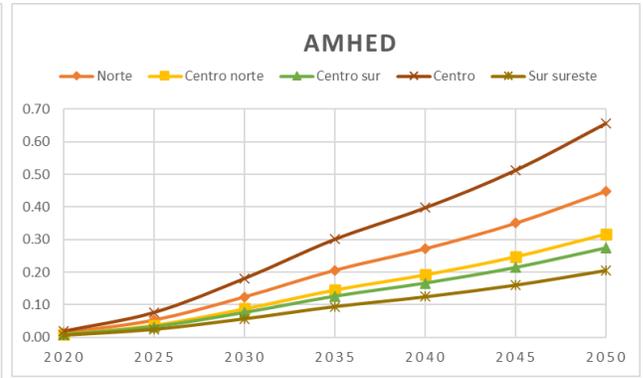


Ilustración 68 Millones de Automóviles AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

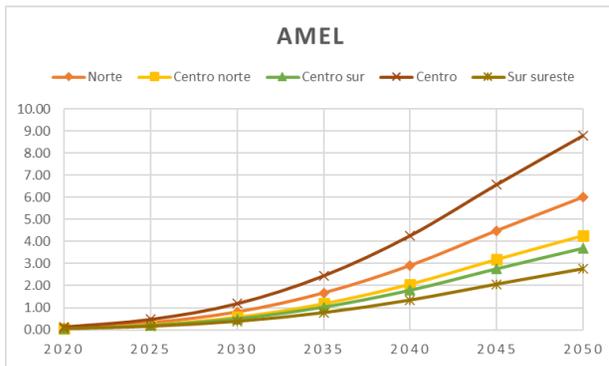


Ilustración 70 Millones de Automóviles AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

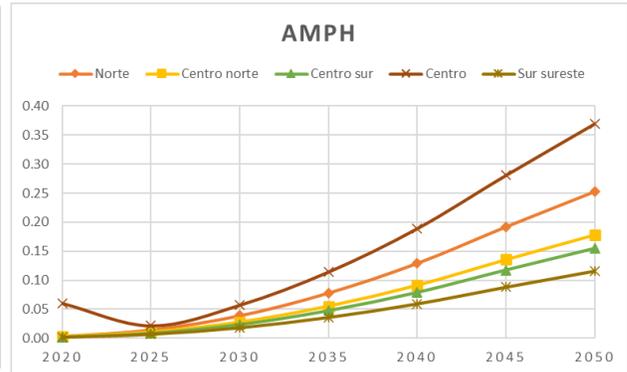


Ilustración 69 Millones de Automóviles AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Automóviles por tipo de tecnología escenario RTS (Variable Media).

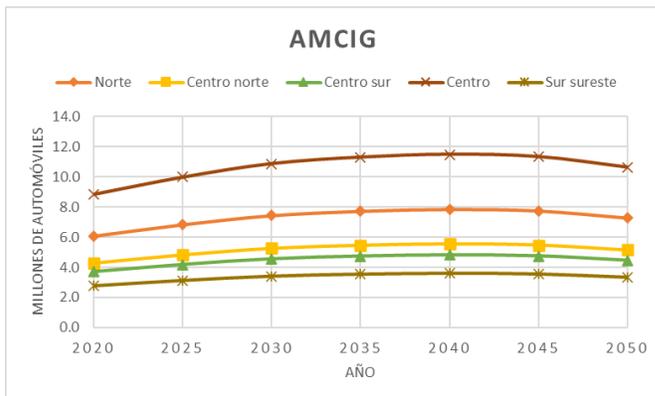


Ilustración 72 Millones de Automóviles AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

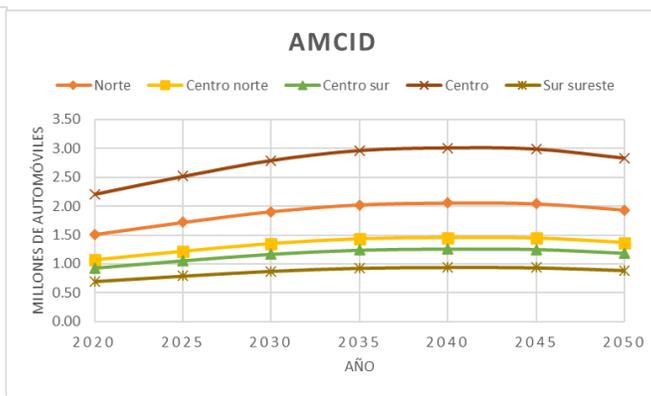


Ilustración 71 Millones de Automóviles AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

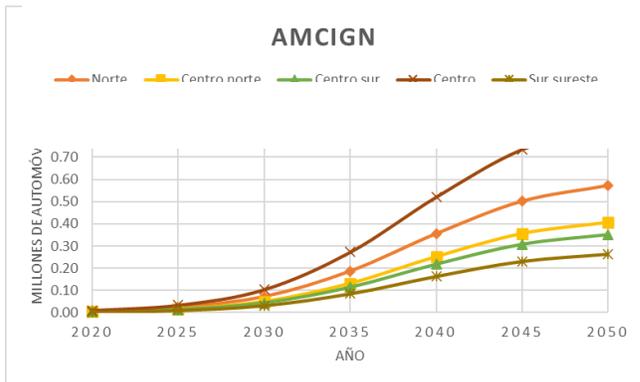


Ilustración 73 Millones de Automóviles AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

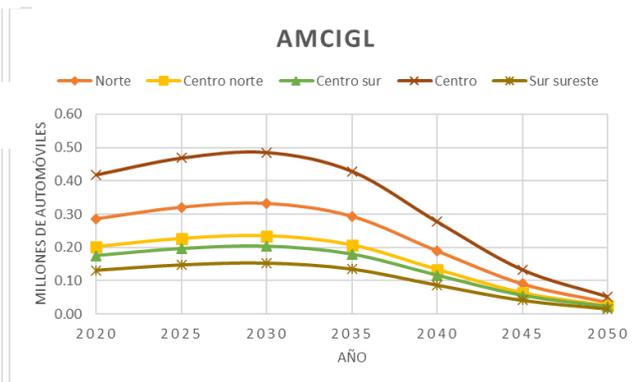


Ilustración 74 Millones de Automóviles AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

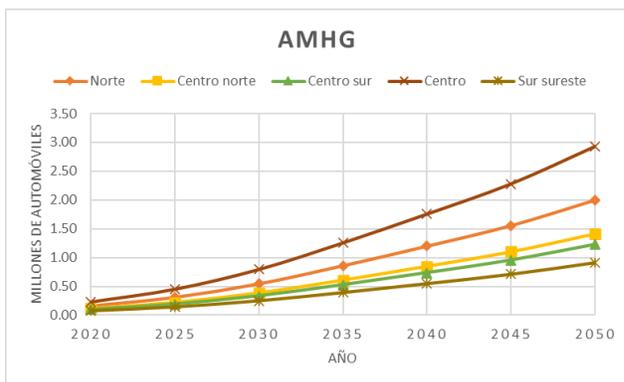


Ilustración 75 Millones de Automóviles AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

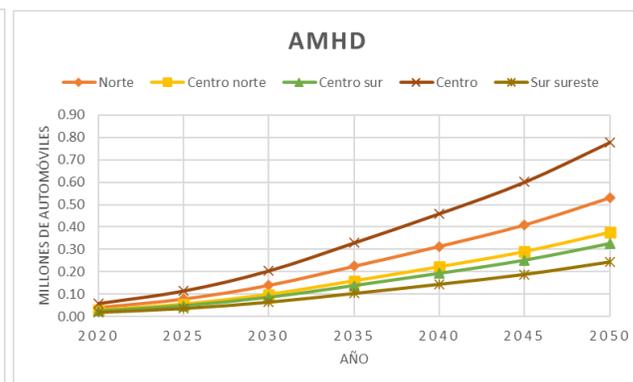


Ilustración 76 Millones de Automóviles AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

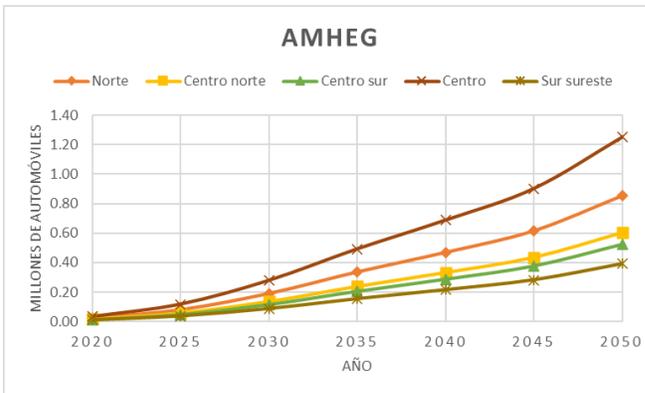


Ilustración 77 Millones de Automóviles AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

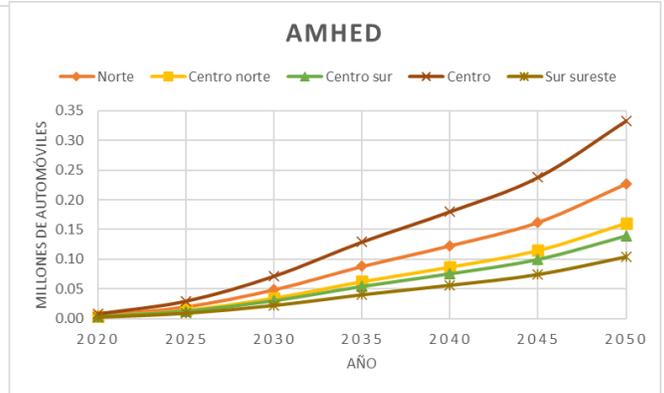


Ilustración 78 Millones de Automóviles AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

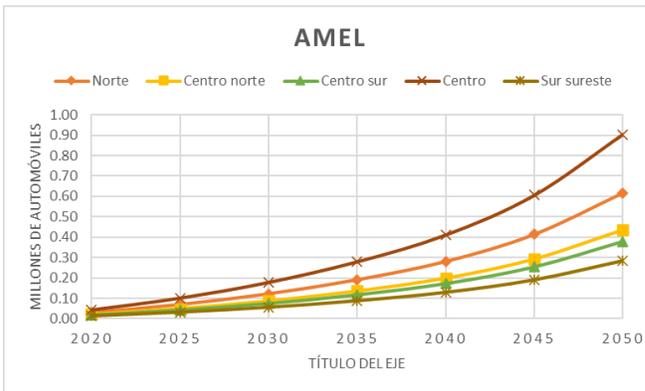


Ilustración 80 Millones de Automóviles AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

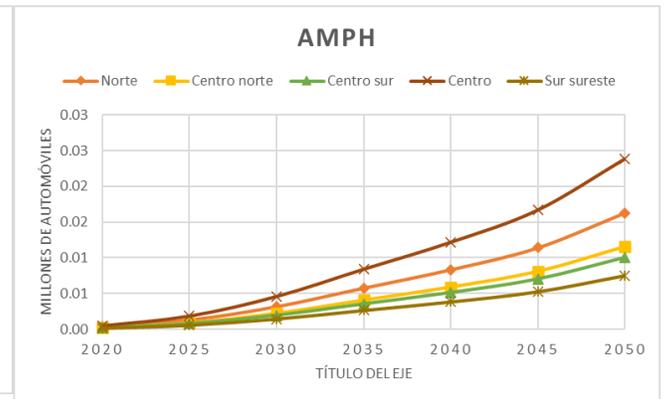


Ilustración 79 Millones de Automóviles AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Automóviles por tipo de tecnología escenario 2DS (Variable Media).

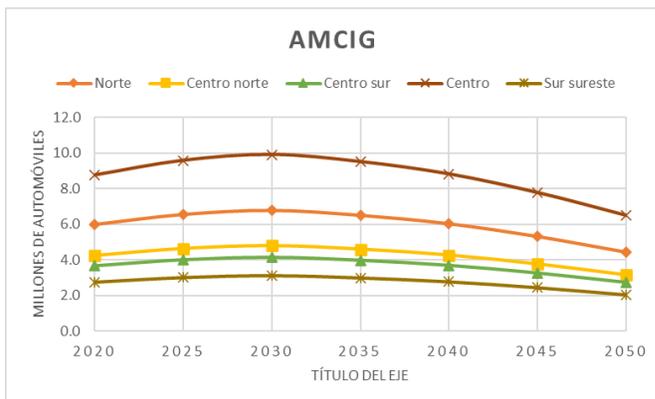


Ilustración 81 Millones de Automóviles AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

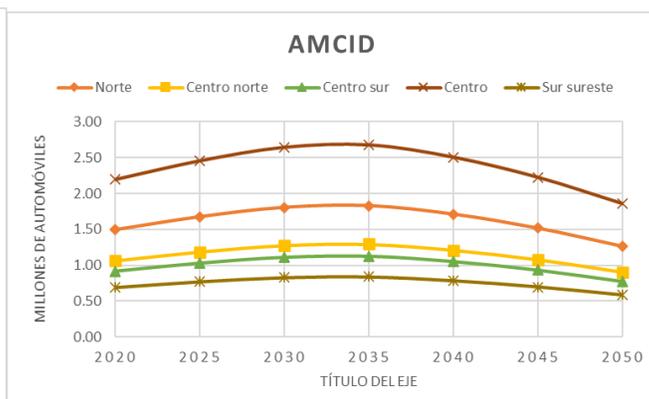


Ilustración 82 Millones de Automóviles AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

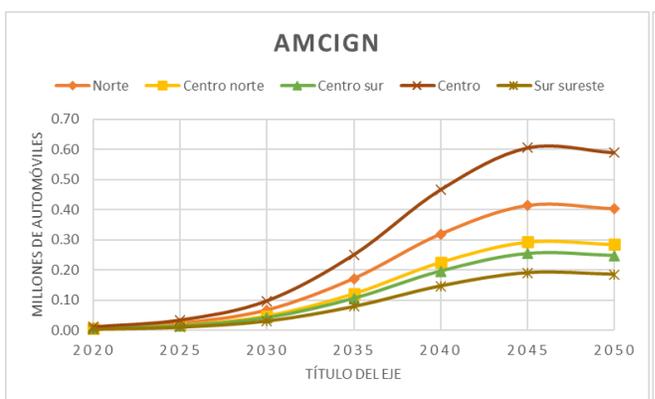


Ilustración 83 Millones de Automóviles AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

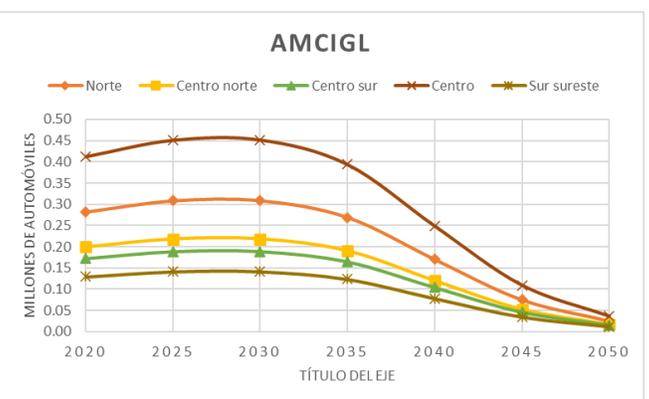


Ilustración 84 Millones de Automóviles AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

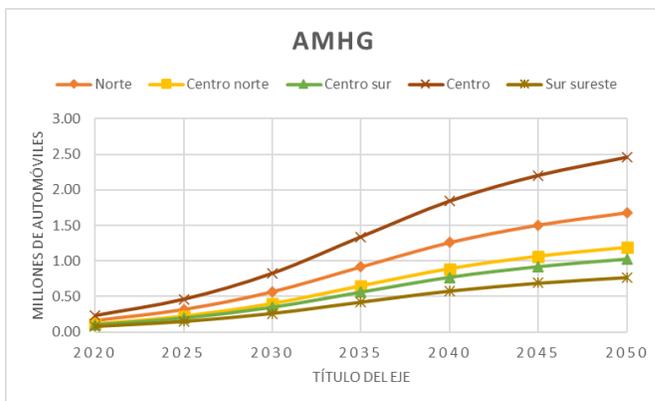


Ilustración 85 Millones de Automóviles AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

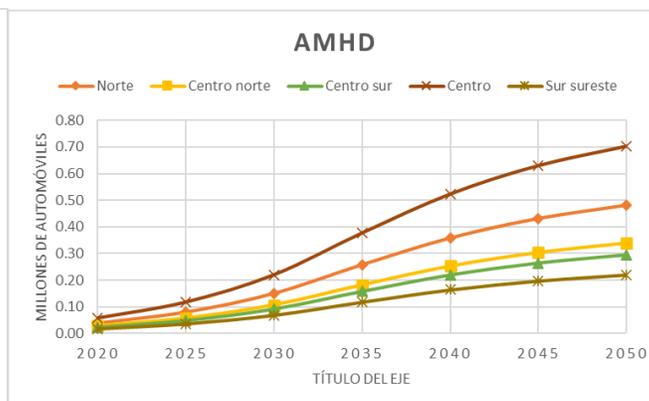


Ilustración 86 Millones de Automóviles AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

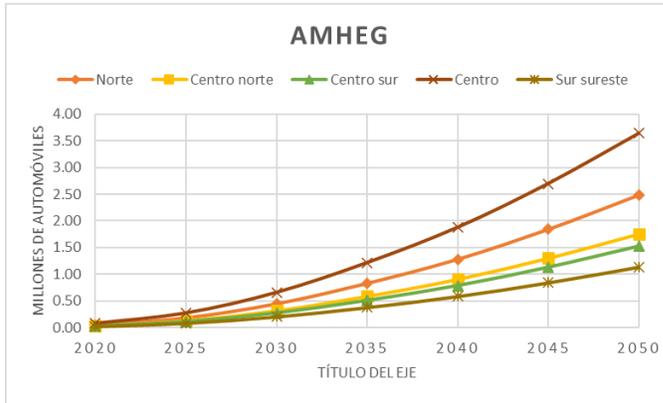


Ilustración 88 Millones de Automóviles AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

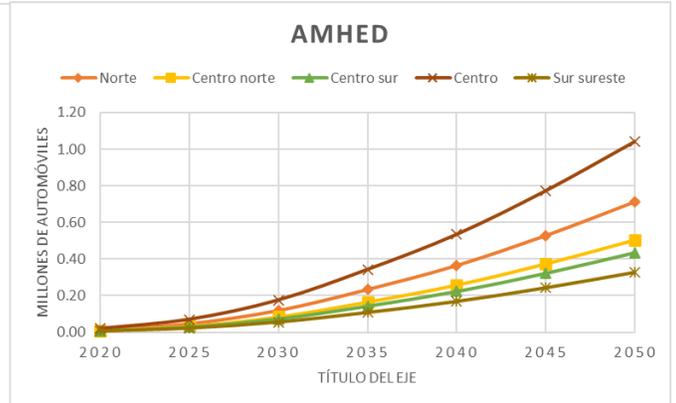


Ilustración 87 Millones de Automóviles AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

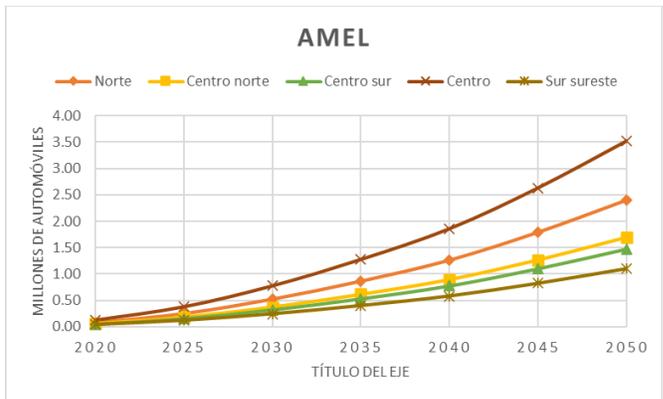


Ilustración 90 Millones de Automóviles AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

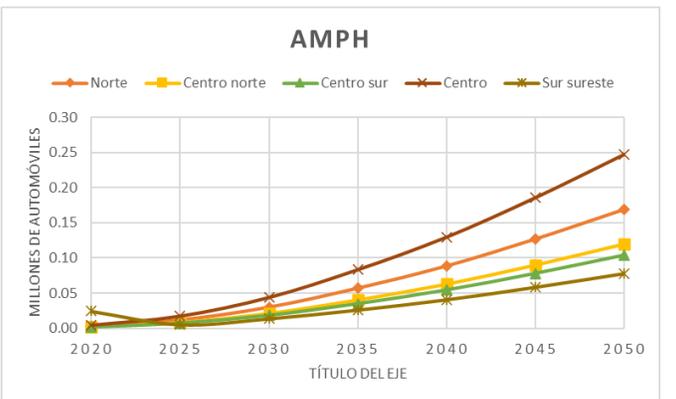


Ilustración 89 Millones de Automóviles AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Automóviles por tipo de tecnología escenario B2DS (Variable Media).

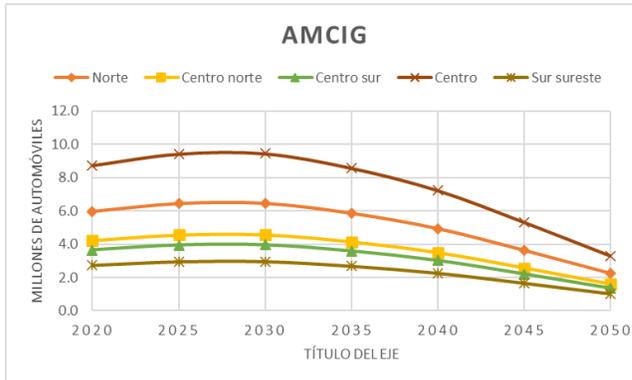


Ilustración 91 Millones de Automóviles AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

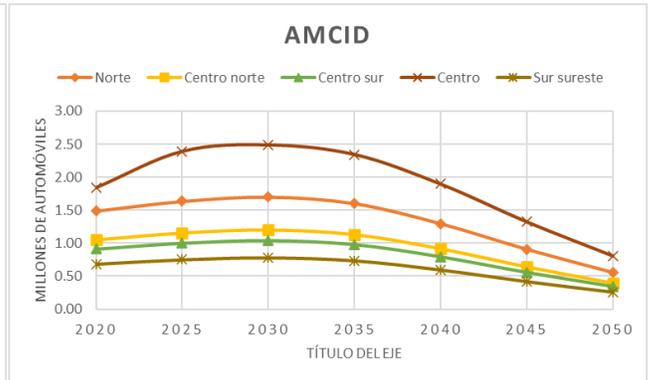


Ilustración 92 Millones de Automóviles AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

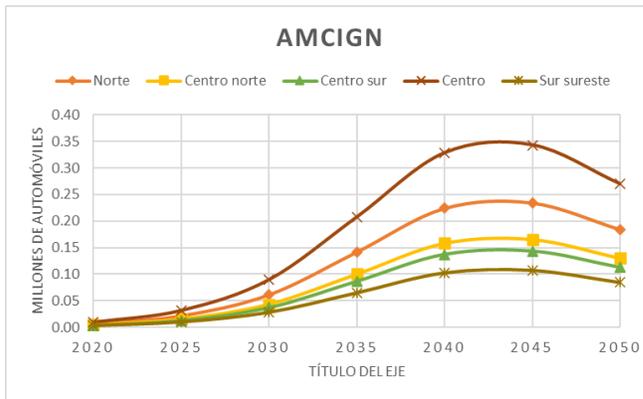


Ilustración 93 Millones de Automóviles AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

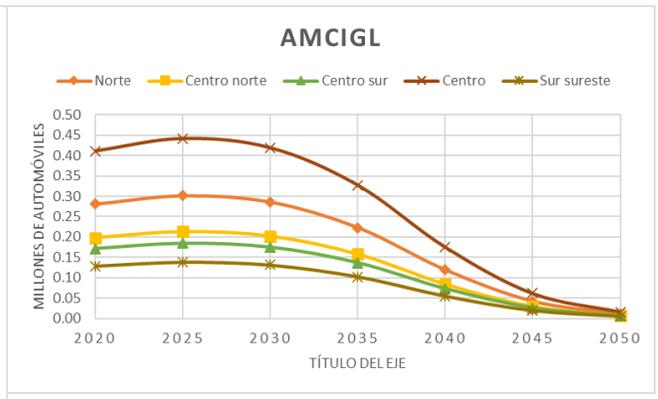


Ilustración 94 Millones de Automóviles AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

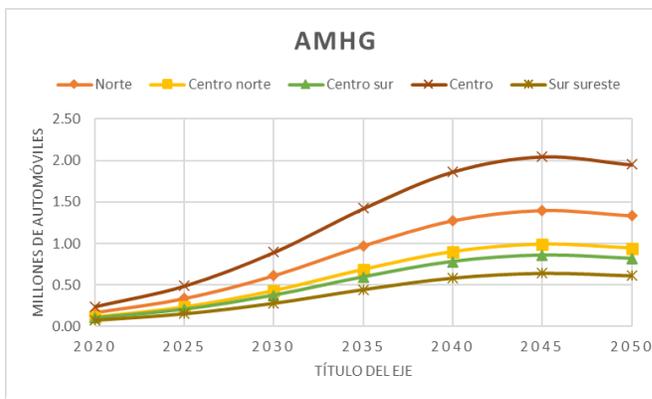


Ilustración 95 Millones de Automóviles AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

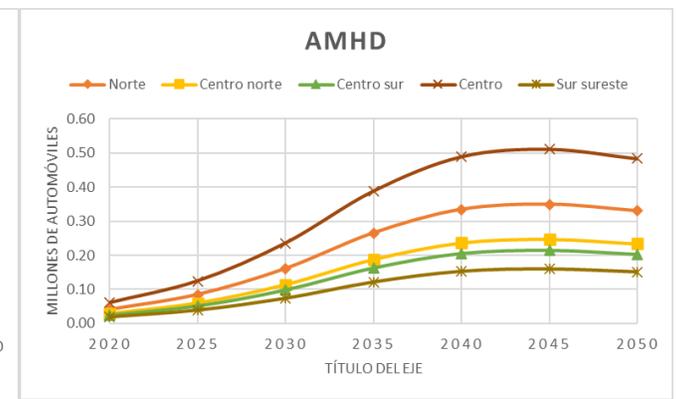


Ilustración 96 Millones de Automóviles AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

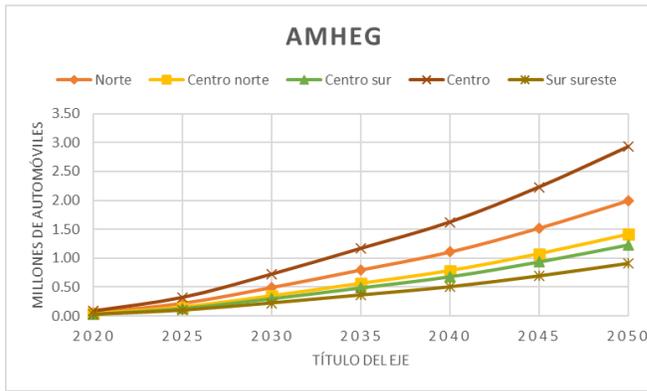


Ilustración 97 Millones de Automóviles AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

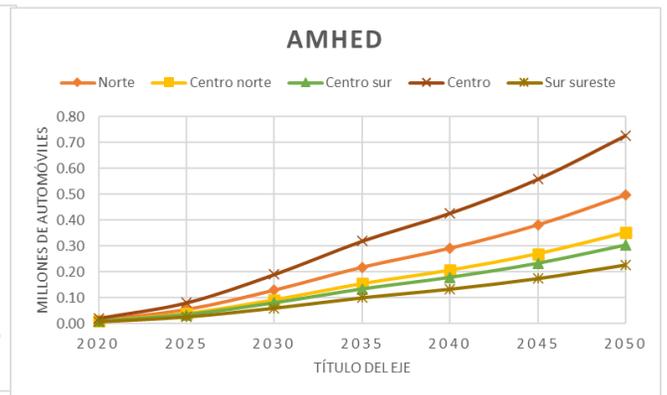


Ilustración 98 Millones de Automóviles AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

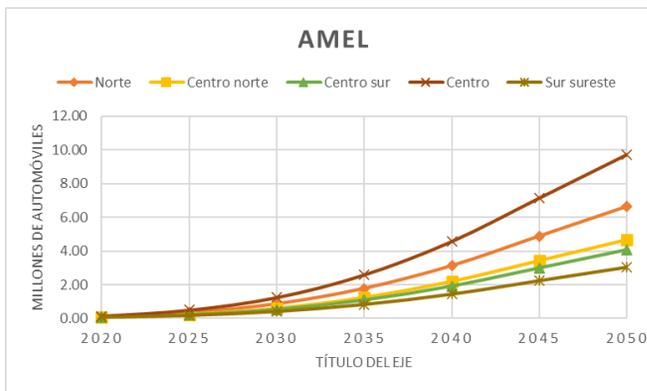


Ilustración 100 Millones de Automóviles AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

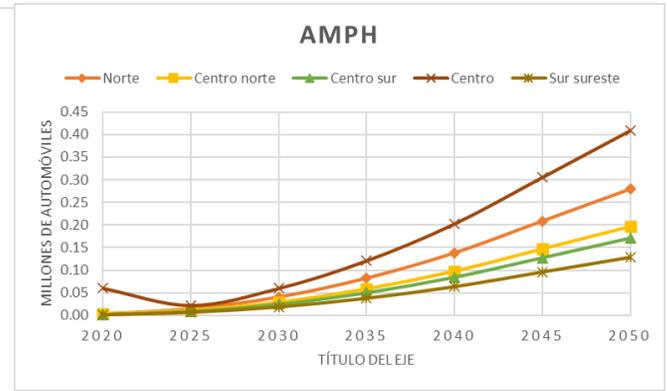


Ilustración 99 Millones de Automóviles AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Automóviles por tipo de tecnología escenario RTS (Variable Alta).

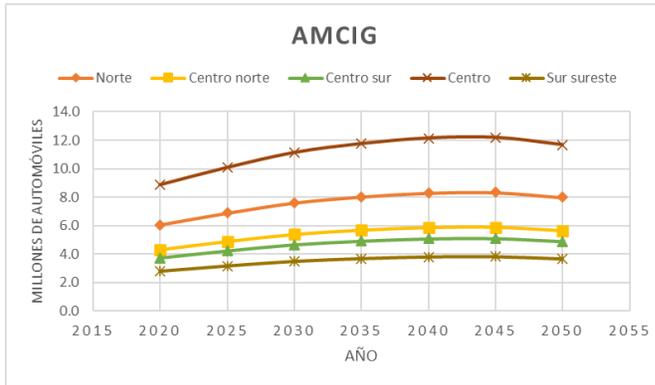


Ilustración 101 Millones de Automóviles AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

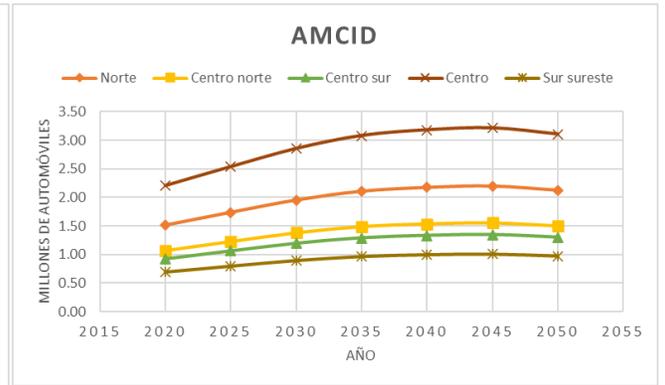


Ilustración 102 Millones de Automóviles AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

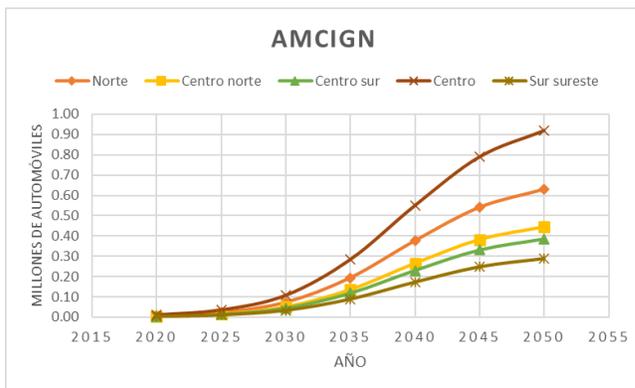


Ilustración 103 Millones de Automóviles AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

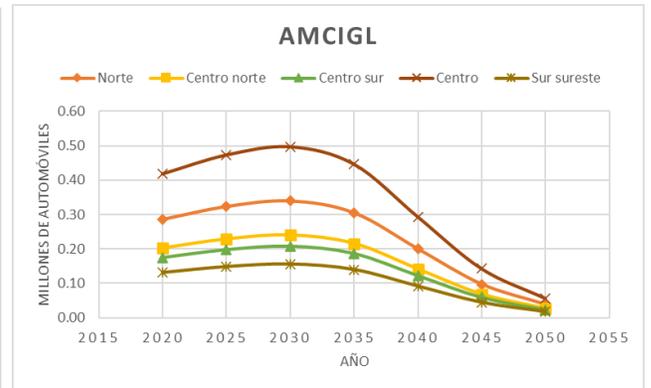


Ilustración 104 Millones de Automóviles AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

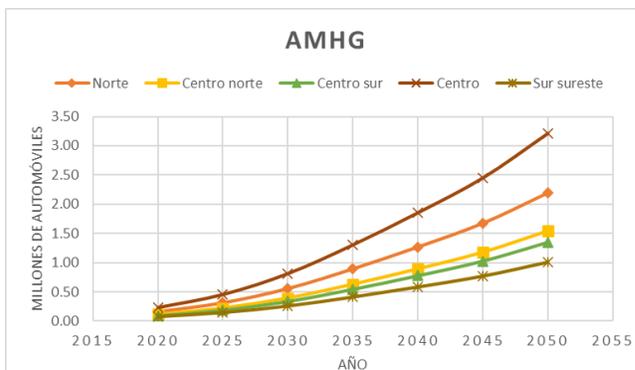


Ilustración 105 Millones de Automóviles AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

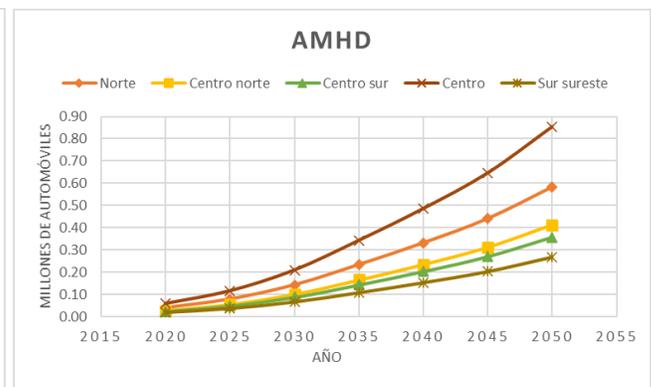


Ilustración 106 Millones de Automóviles AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

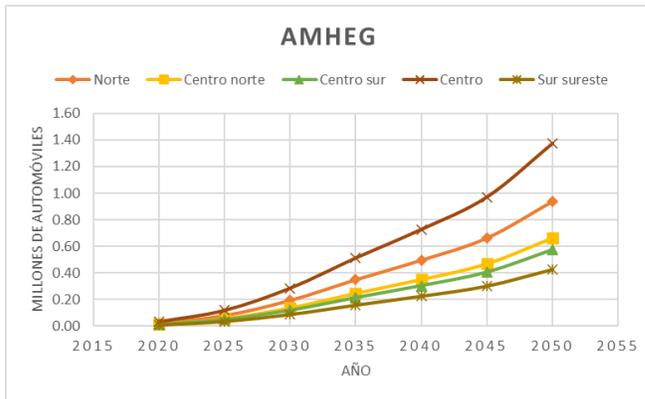


Ilustración 107 Millones de Automóviles AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

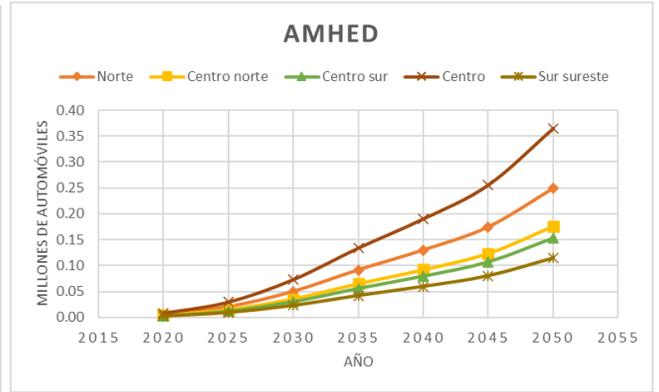


Ilustración 108 Millones de Automóviles AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

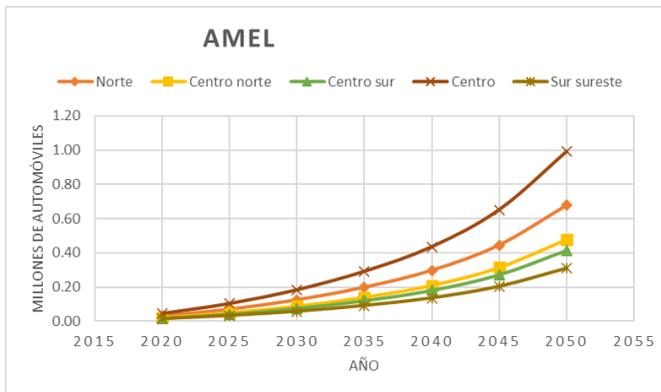


Ilustración 109 Millones de Automóviles AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

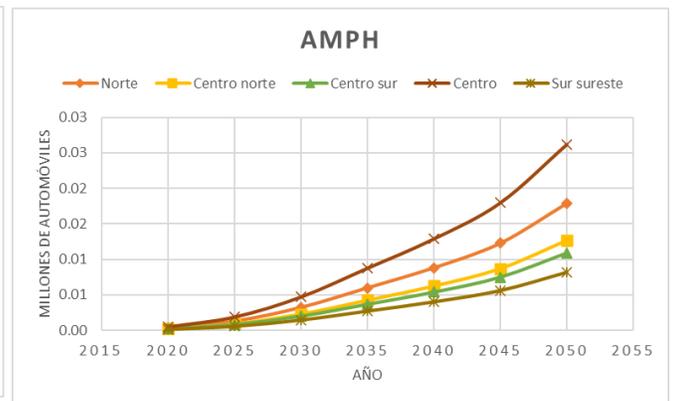


Ilustración 110 Millones de Automóviles AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Automóviles por tipo de tecnología escenario 2DS (Variable Alta).

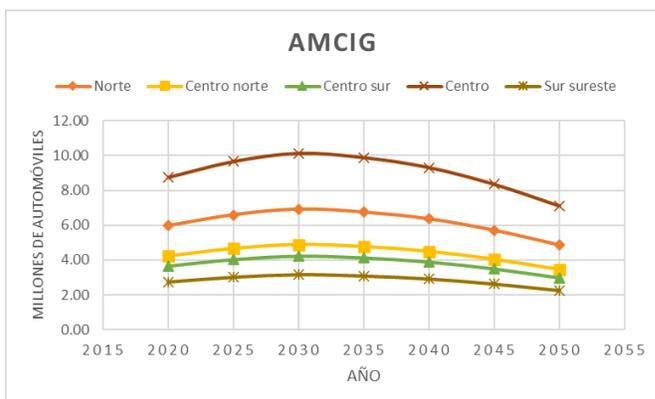


Ilustración 111 Millones de Automóviles AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

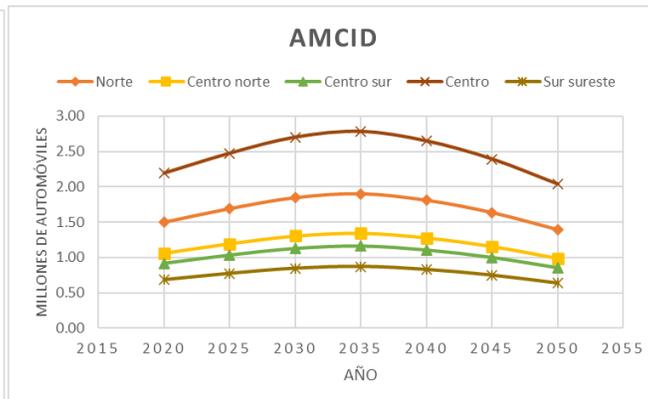


Ilustración 112 Millones de Automóviles AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

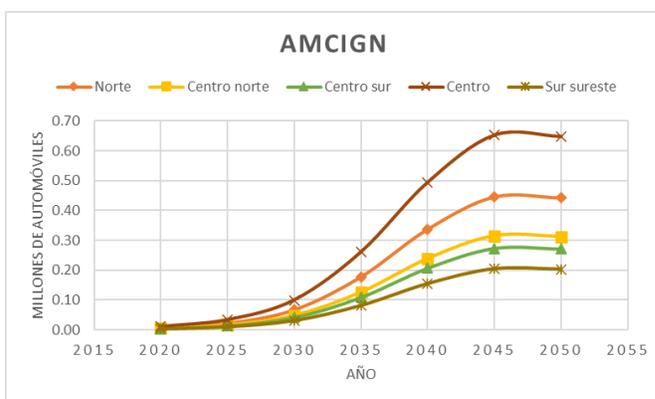


Ilustración 113 Millones de Automóviles AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

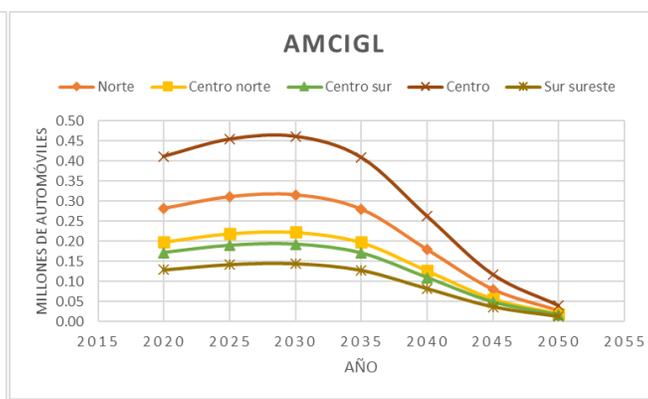


Ilustración 114 Millones de Automóviles AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

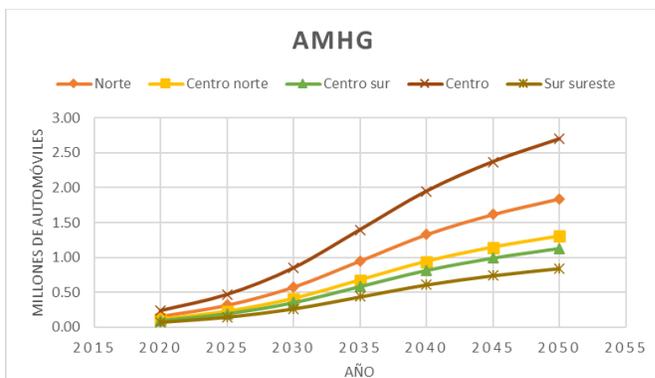


Ilustración 115 Millones de Automóviles AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

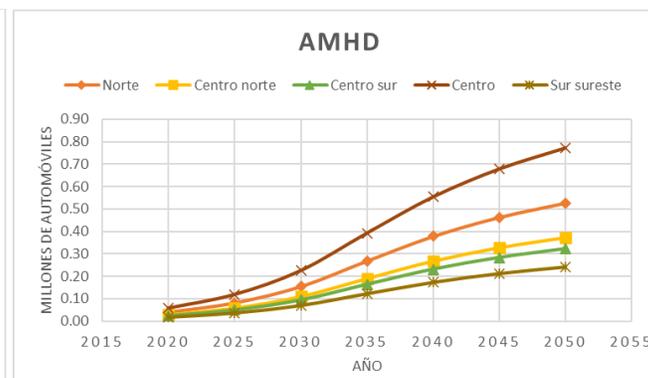


Ilustración 116 Millones de Automóviles AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

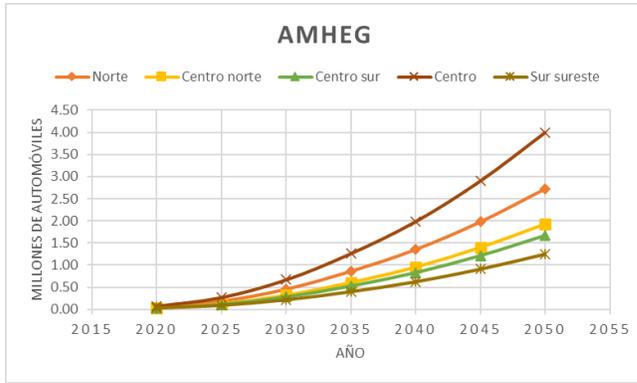


Ilustración 117 Millones de Automóviles AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

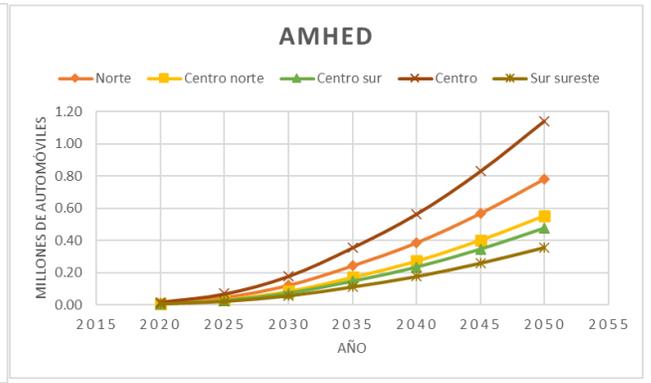


Ilustración 118 Millones de Automóviles AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

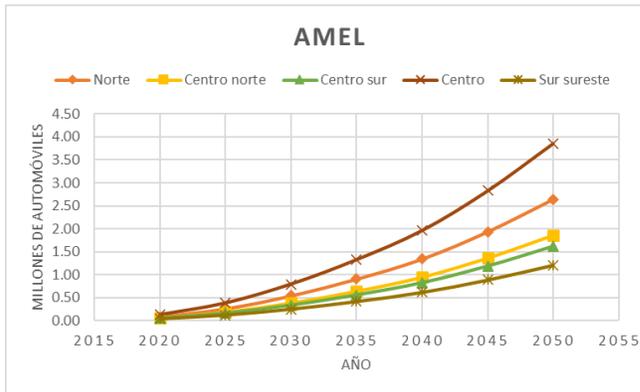


Ilustración 120 Millones de Automóviles AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

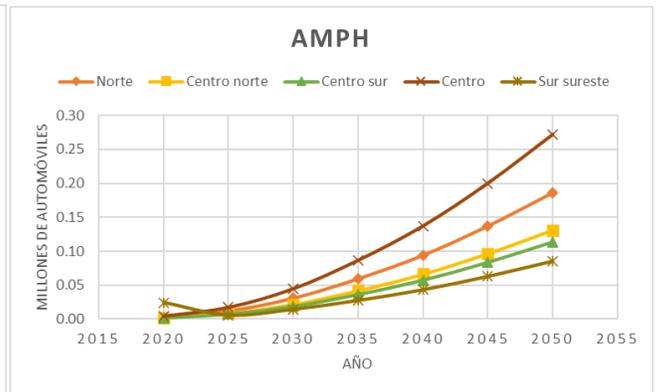


Ilustración 119 Millones de Automóviles AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Automóviles por tipo de tecnología escenario B2DS (Variable Alta).

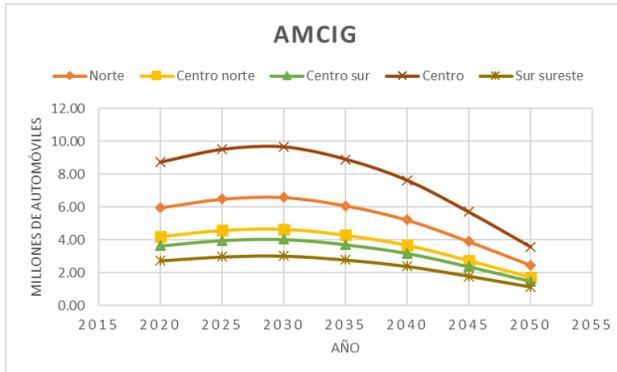


Ilustración 121 Millones de Automóviles AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

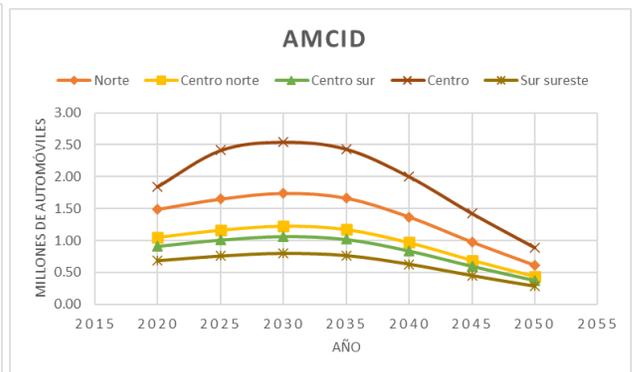


Ilustración 122 Millones de Automóviles AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

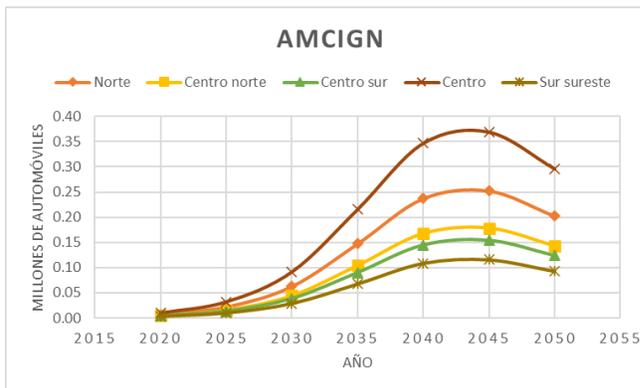


Ilustración 123 Millones de Automóviles AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

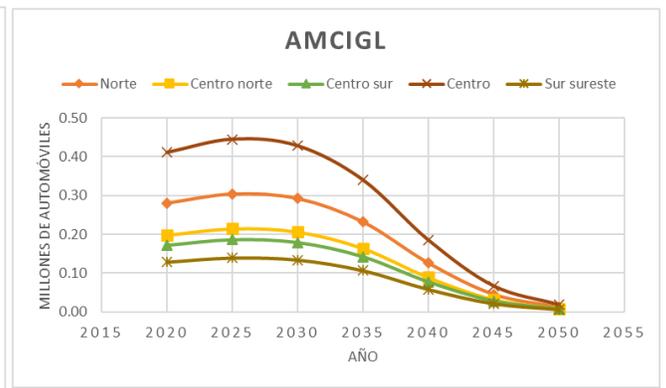


Ilustración 124 Millones de Automóviles AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

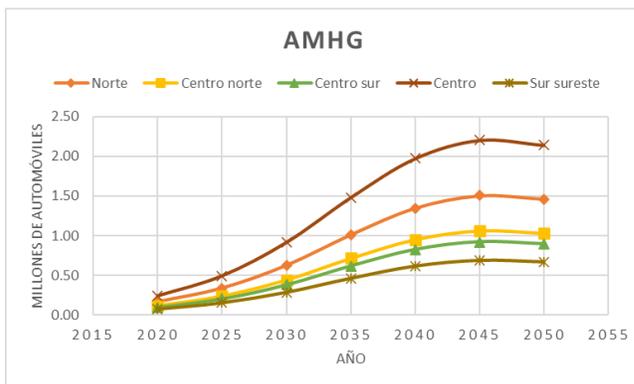


Ilustración 125 Millones de Automóviles AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

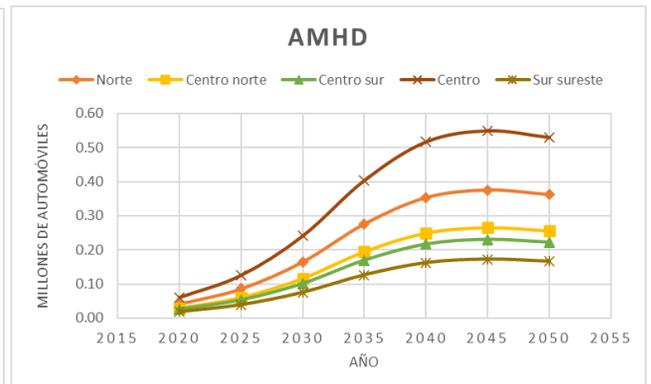


Ilustración 126 Millones de Automóviles AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

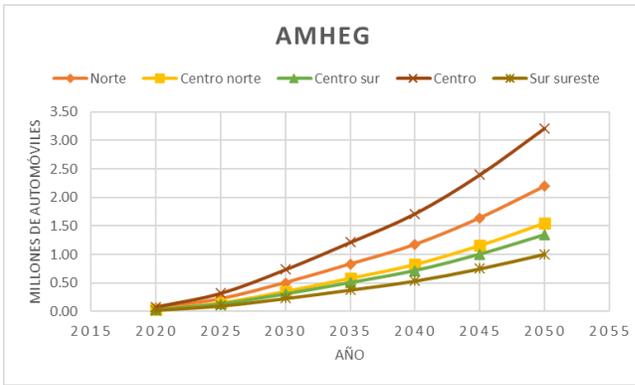


Ilustración 127 Millones de Automóviles AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

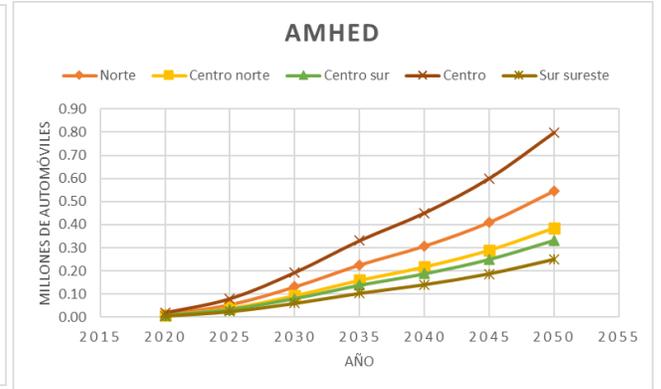


Ilustración 128 Millones de Automóviles AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

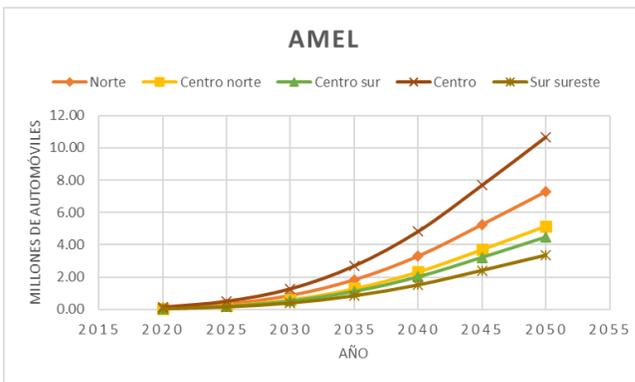


Ilustración 130 Millones de Automóviles AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

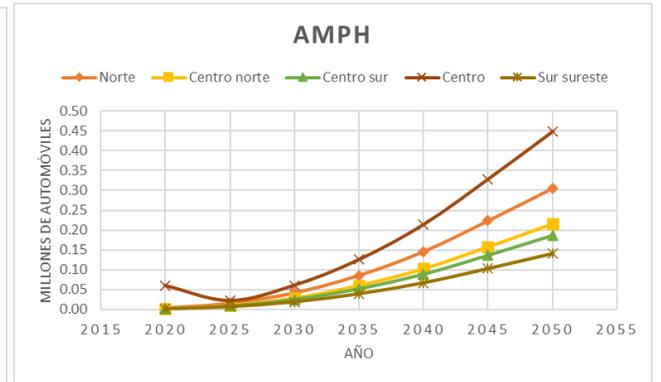


Ilustración 129 Millones de Automóviles AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Consumo de Combustible en Litros Equivalentes de Gasolina escenario RTS (Variable Baja).

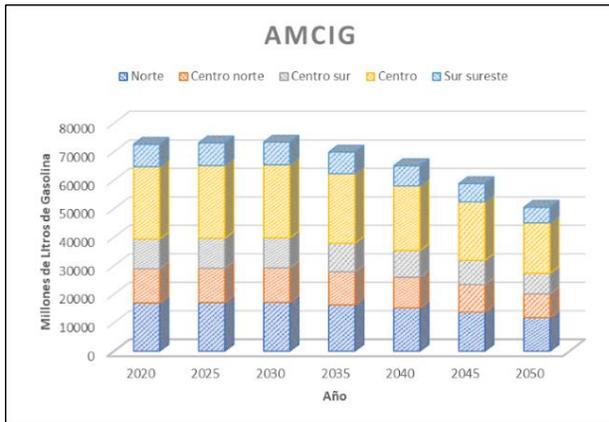


Ilustración 132 Millones DE Litros de Gasolina AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

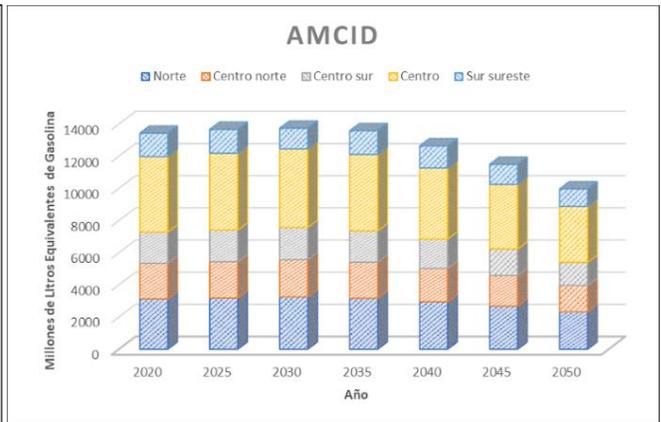


Ilustración 131 Millones de Litros Equivalentes AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

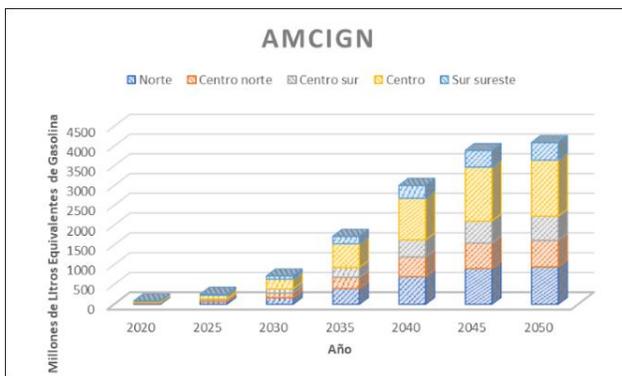


Ilustración 135 Millones de Litros Equivalentes AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

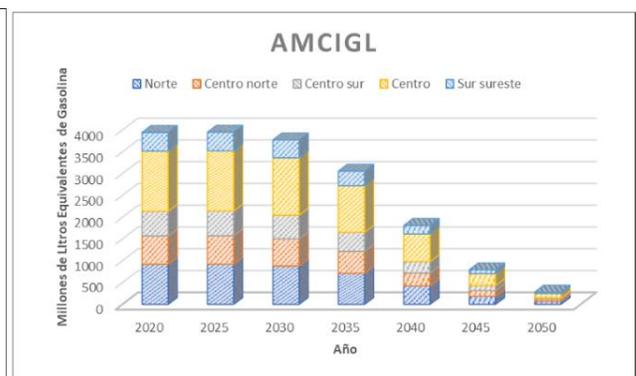


Ilustración 136 Millones de Litros Equivalentes AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

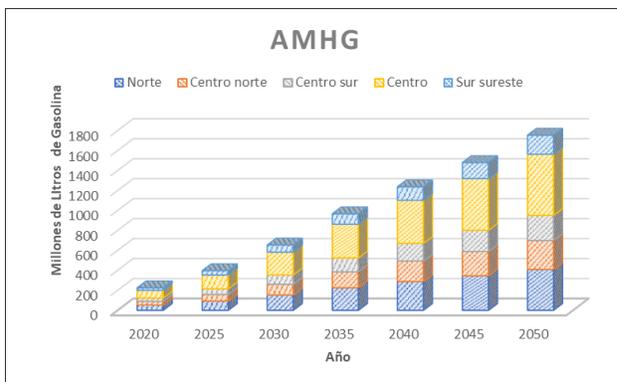


Ilustración 133 Millones de Litros AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

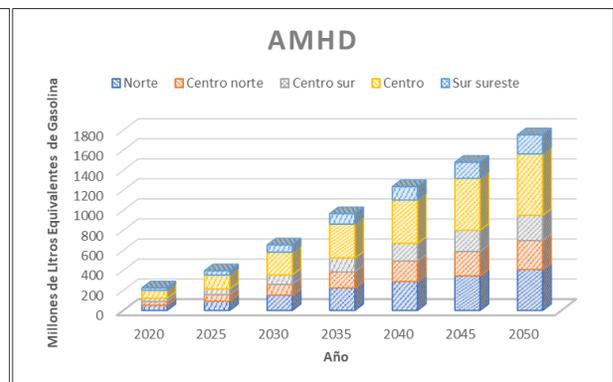


Ilustración 134 Millones de Litros Equivalentes AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

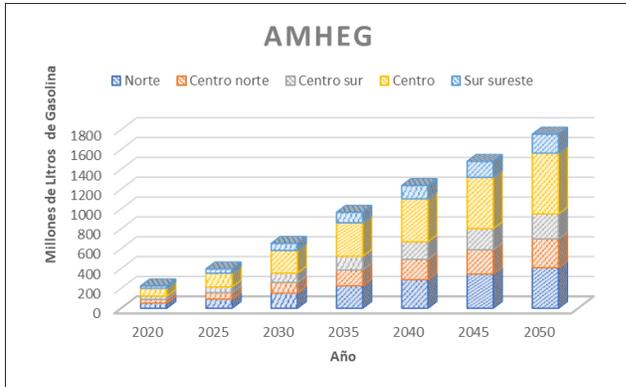


Ilustración 137 Millones de Litros AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

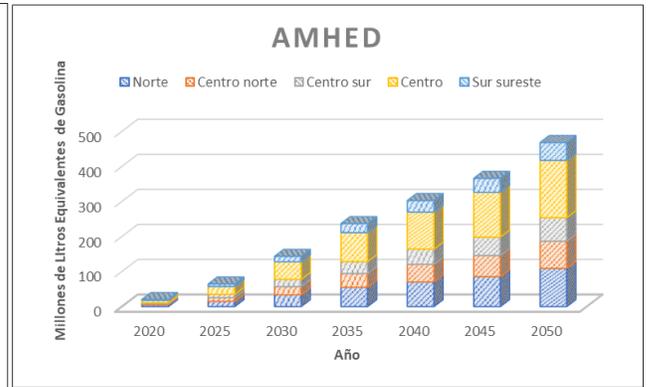


Ilustración 138 Millones de Litros Equivalentes AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

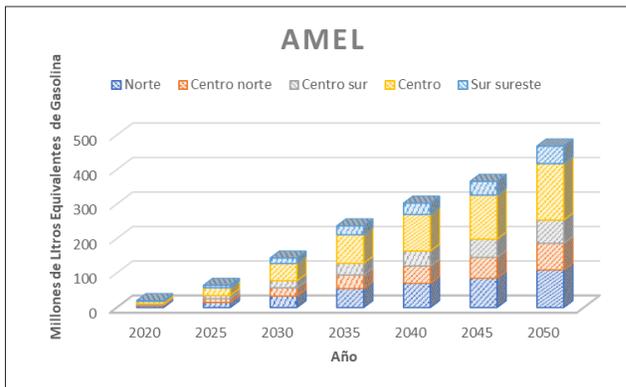


Ilustración 140 Millones de Litros Equivalentes AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

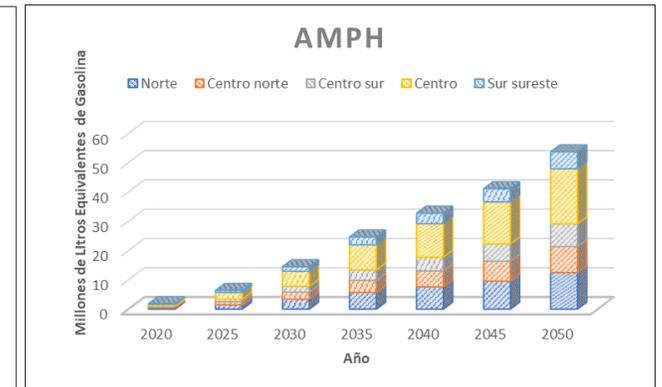


Ilustración 139 Millones de Litros Equivalentes AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Consumo de Combustible en Litros Equivalentes de Gasolina escenario 2DS (Variable Baja).

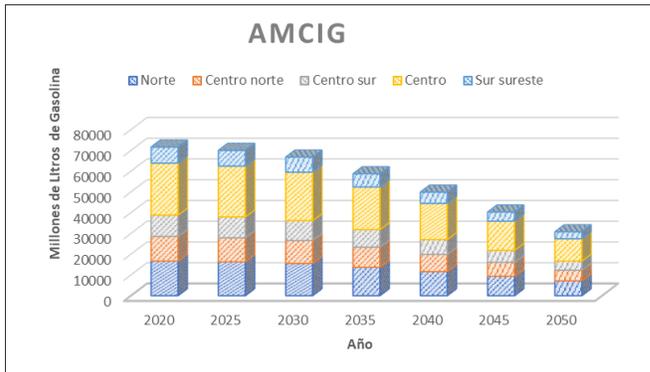


Ilustración 142 Millones DE Litros de Gasolina AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

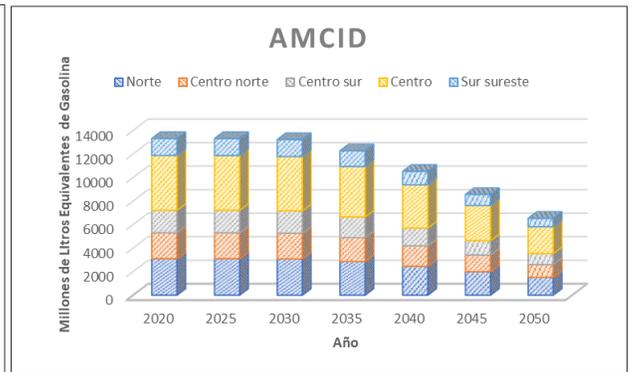


Ilustración 141 Millones de Litros Equivalentes AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

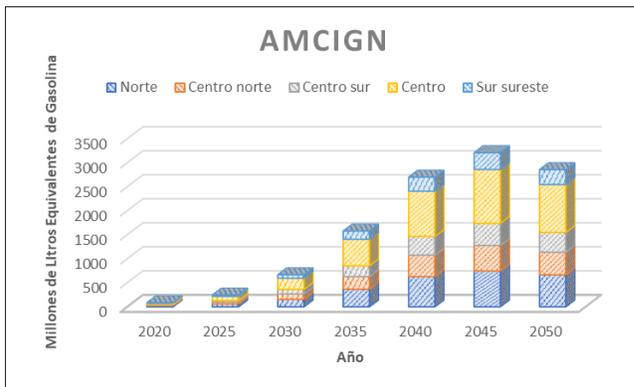


Ilustración 146 Millones de Litros Equivalentes AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

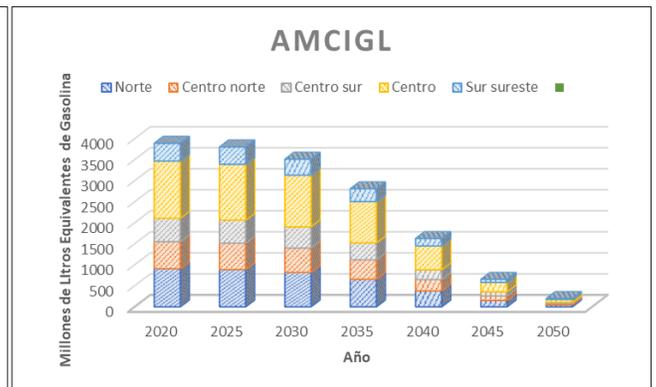


Ilustración 145 Millones de Litros Equivalentes AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

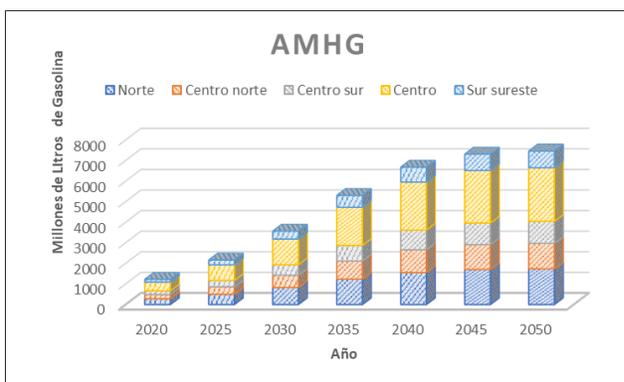


Ilustración 143 Millones de Litros AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

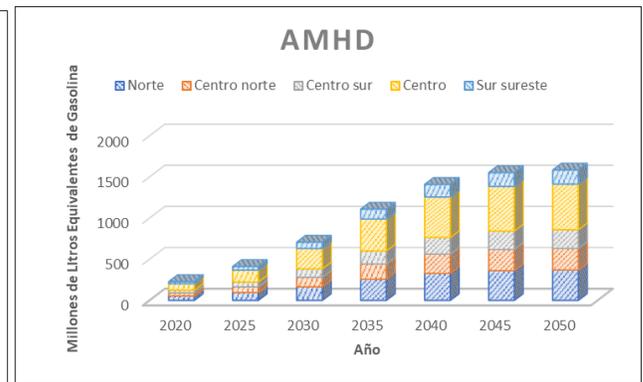


Ilustración 144 Millones de Litros Equivalentes AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

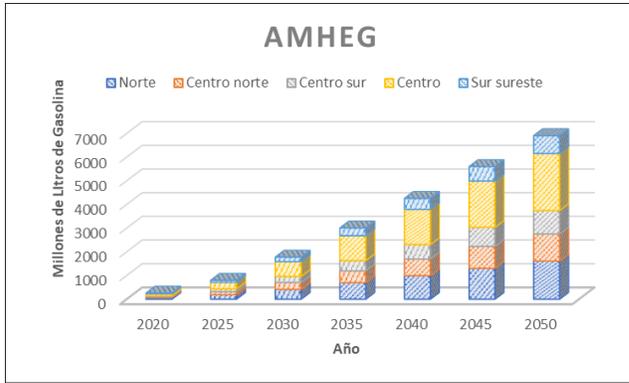


Ilustración 147 Millones de Litros AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

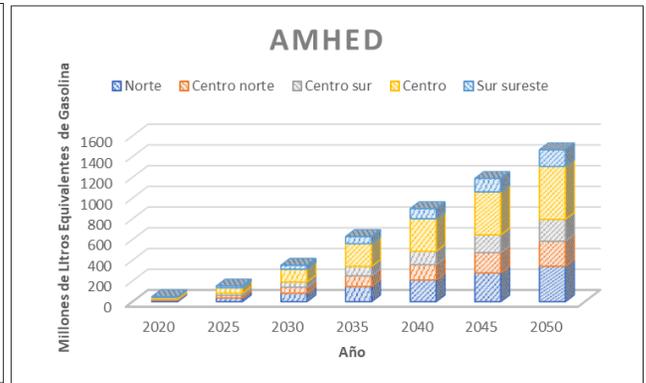


Ilustración 148 Millones de Litros Equivalentes AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

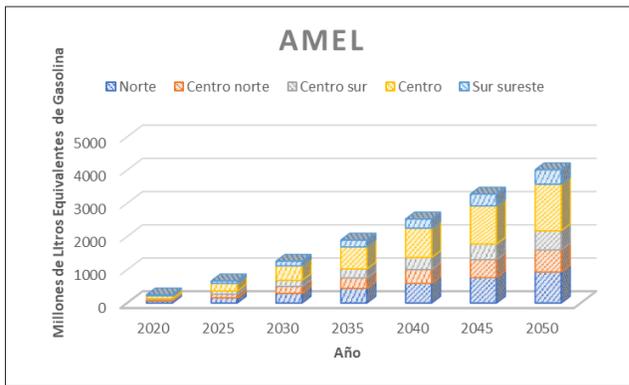


Ilustración 149 Millones de Litros Equivalentes AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

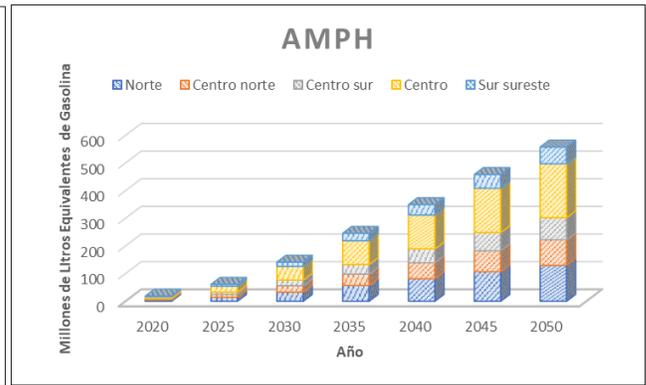


Ilustración 150 Millones de Litros Equivalentes AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Consumo de Combustible en Litros Equivalentes de Gasolina escenario B2DS (Variable Baja).

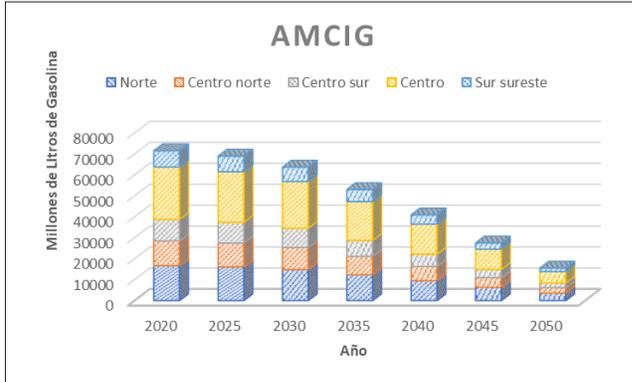


Ilustración 151 Millones DE Litros de Gasolina AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

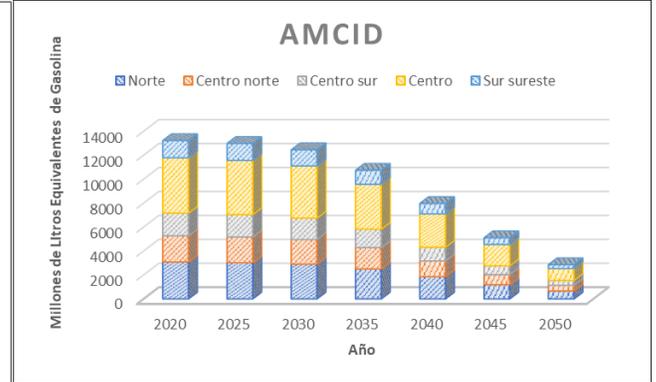


Ilustración 152 Millones de Litros Equivalentes AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

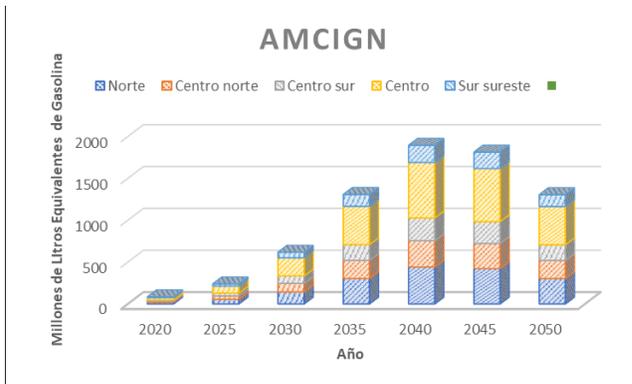


Ilustración 154 Millones de Litros Equivalentes AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

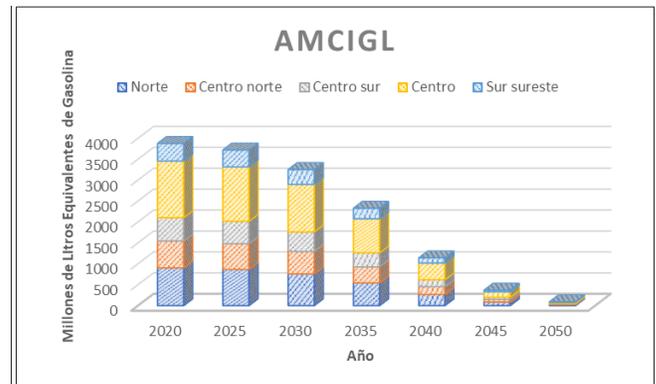


Ilustración 153 Millones de Litros Equivalentes AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

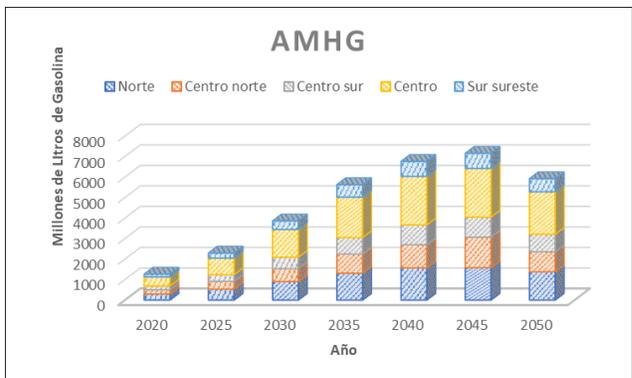


Ilustración 155 Millones de Litros AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

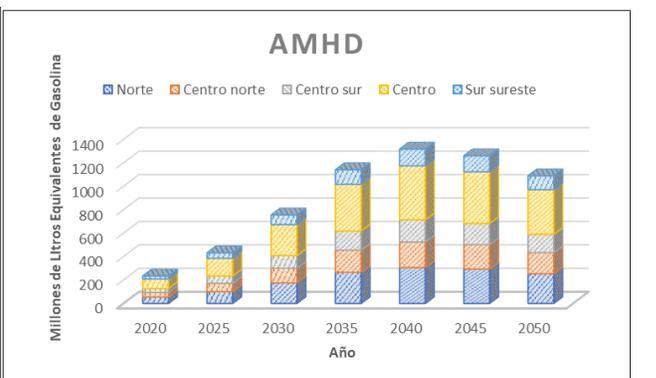


Ilustración 156 Millones de Litros Equivalentes AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

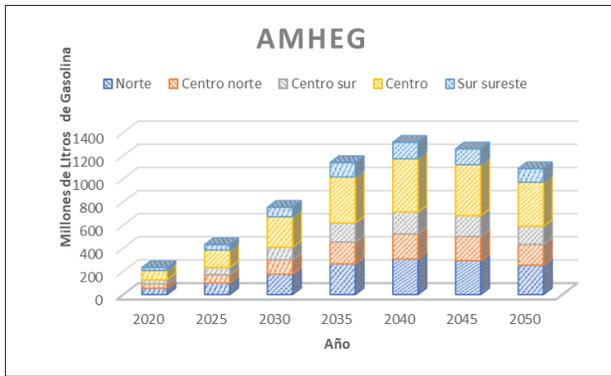


Ilustración 157 Millones de Litros AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

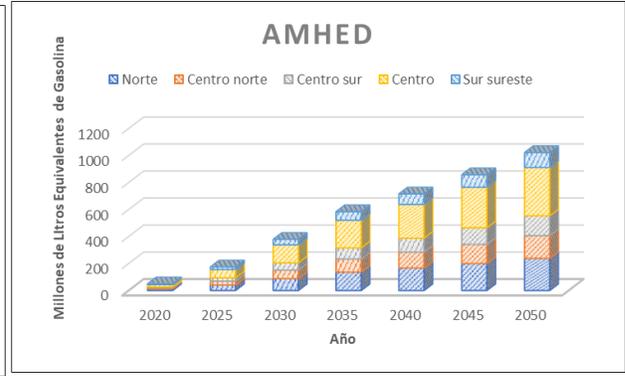


Ilustración 158 Millones de Litros Equivalentes AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

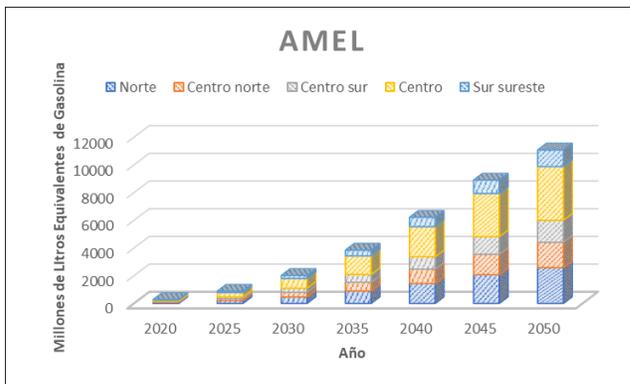


Ilustración 159 Millones de Litros Equivalentes AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

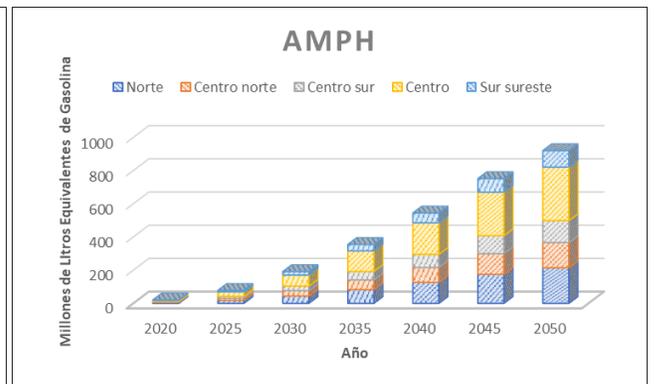


Ilustración 160 Millones de Litros Equivalentes AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Consumo de Combustible en Litros Equivalentes de Gasolina escenario RTS (Variable Media).

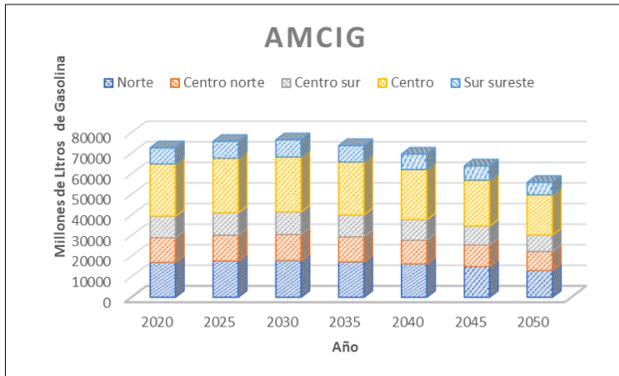


Ilustración 161 Millones DE Litros de Gasolina AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

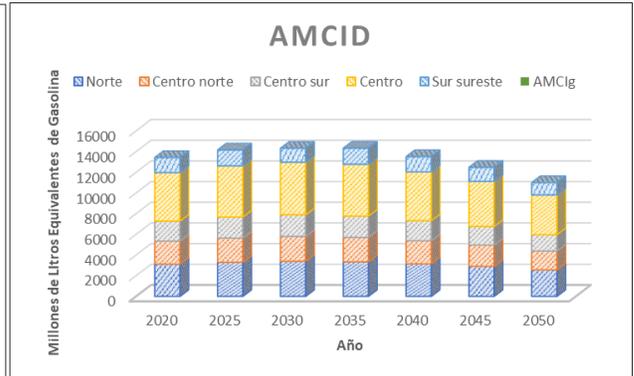


Ilustración 162 Millones de Litros Equivalentes AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

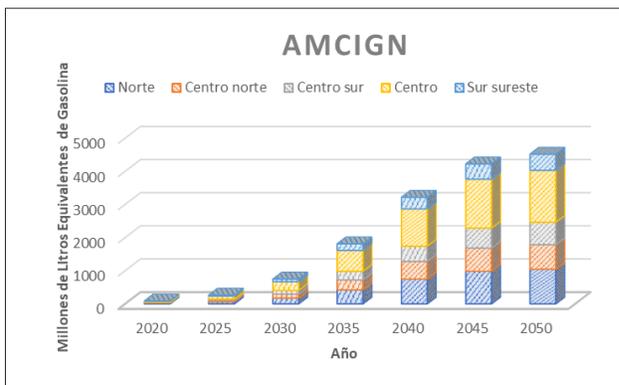


Ilustración 163 Millones de Litros Equivalentes AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

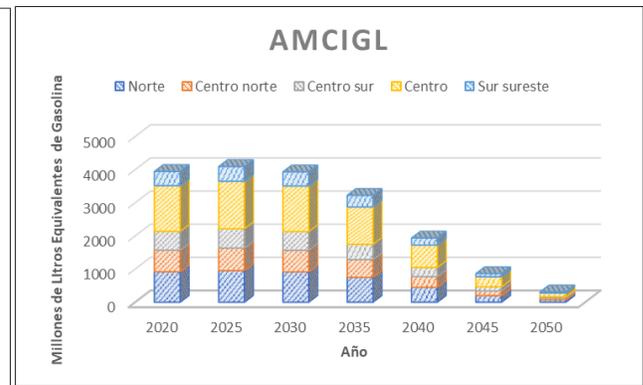


Ilustración 164 Millones de Litros Equivalentes AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

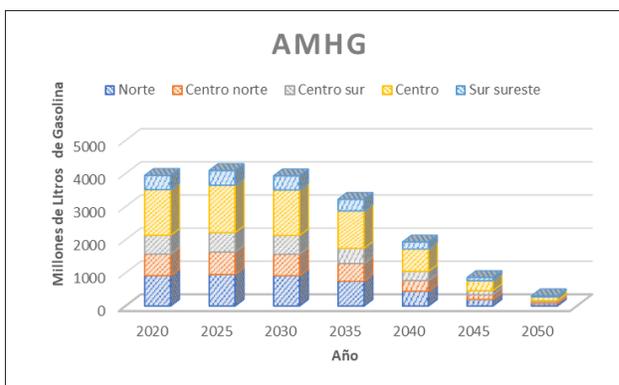


Ilustración 166 Millones de Litros AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

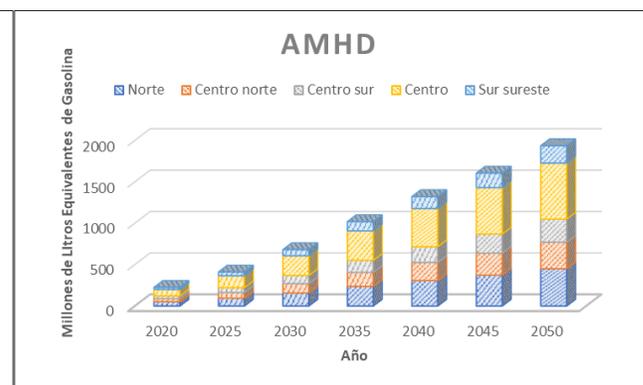


Ilustración 165 Millones de Litros Equivalentes AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

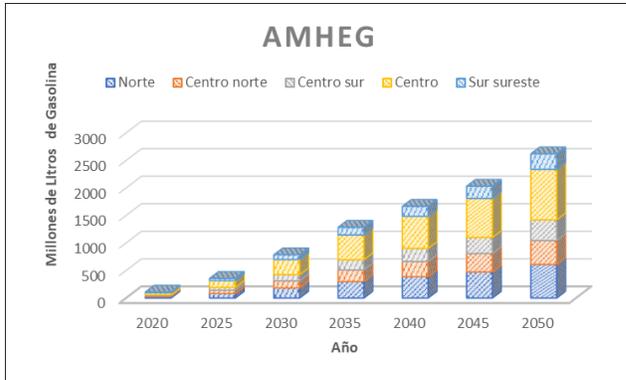


Ilustración 167 Millones de Litros AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

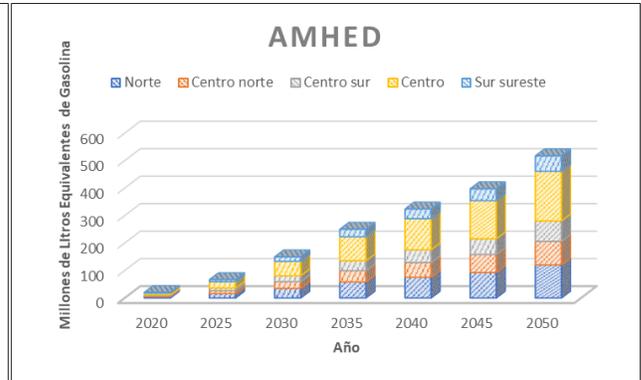


Ilustración 168 Millones de Litros Equivalentes AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

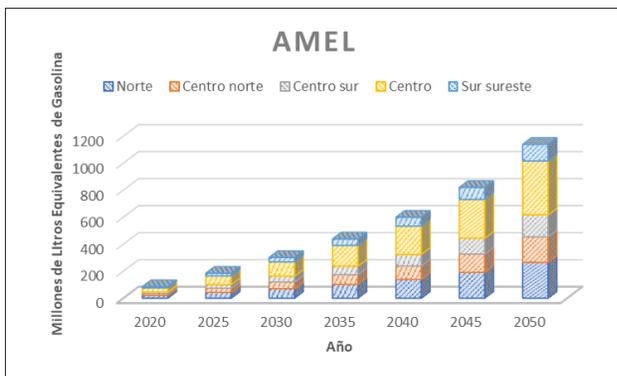


Ilustración 169 Millones de Litros Equivalentes AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

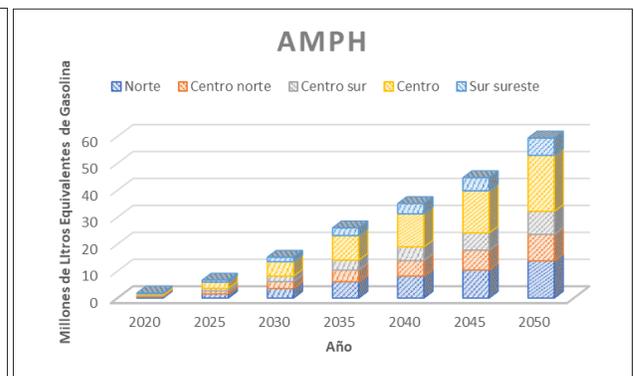


Ilustración 170 Millones de Litros Equivalentes AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Consumo de Combustible en Litros Equivalentes de Gasolina escenario 2DS (Variable Media).

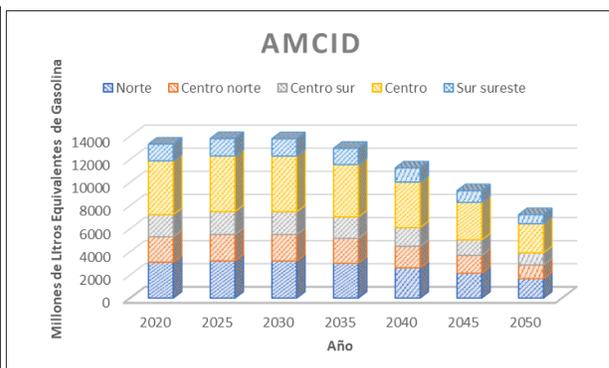
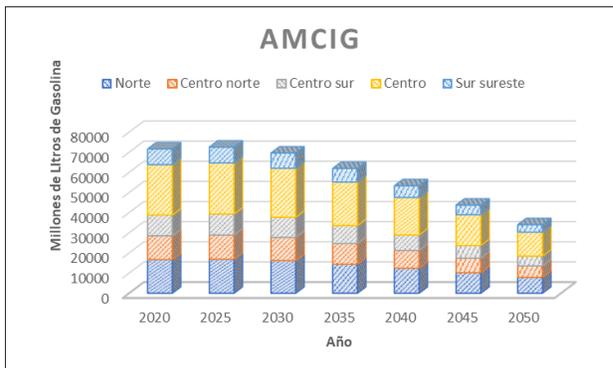


Ilustración 171 Millones DE Litros de Gasolina AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

Ilustración 172 Millones de Litros Equivalentes AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

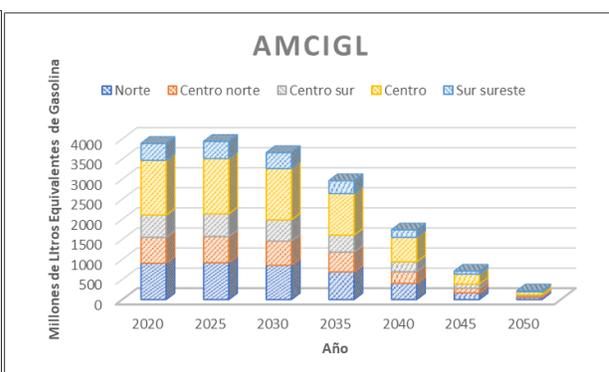
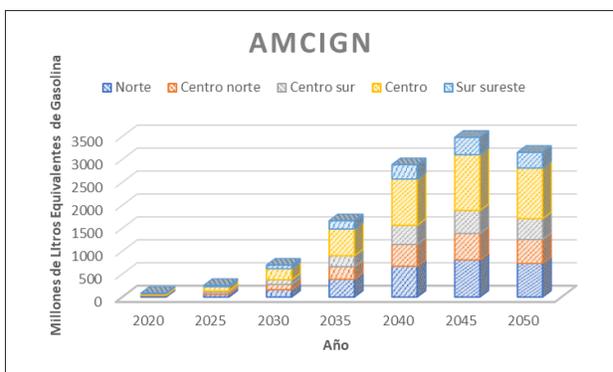


Ilustración 173 Millones de Litros Equivalentes AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

Ilustración 174 Millones de Litros Equivalentes AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

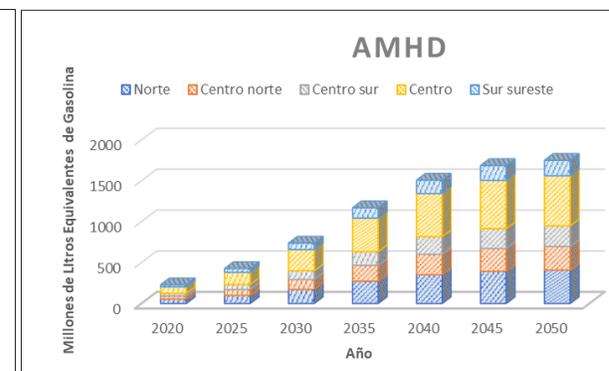
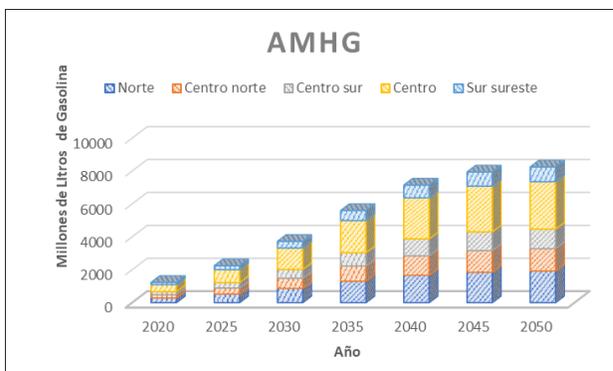


Ilustración 175 Millones de Litros AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

Ilustración 176 Millones de Litros Equivalentes AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

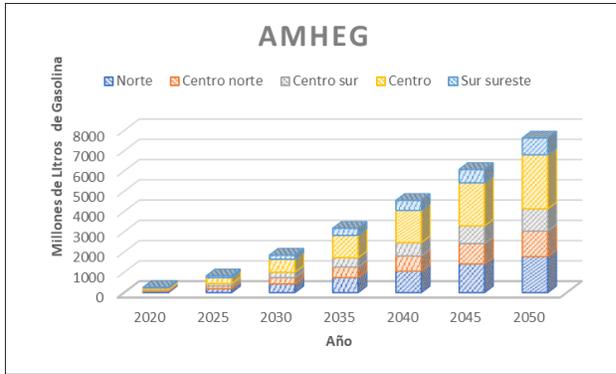


Ilustración 177 Millones de Litros AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

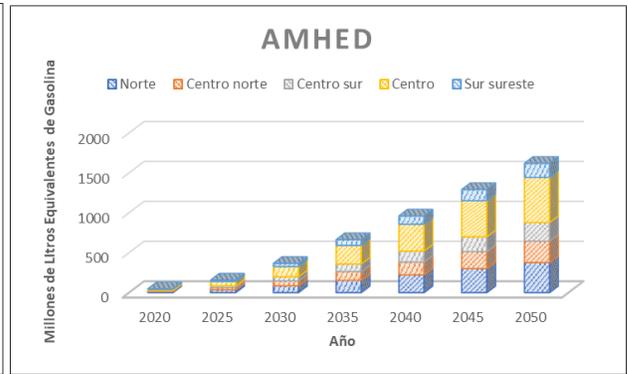


Ilustración 178 Millones de Litros Equivalentes AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

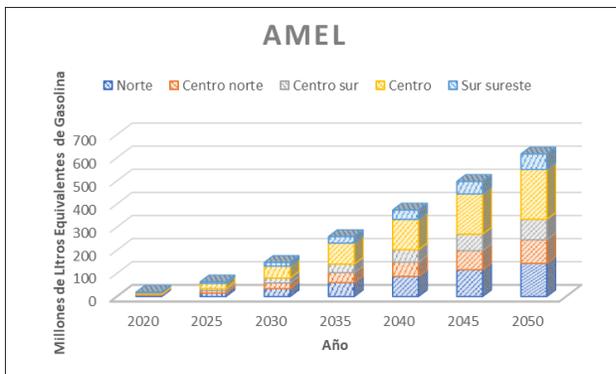


Ilustración 179 Millones de Litros Equivalentes AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

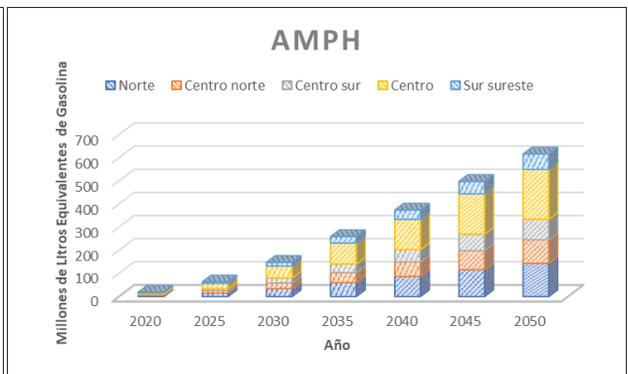


Ilustración 180 Millones de Litros Equivalentes AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Consumo de Combustible en Litros Equivalentes de Gasolina escenario B2DS (Variable Media).

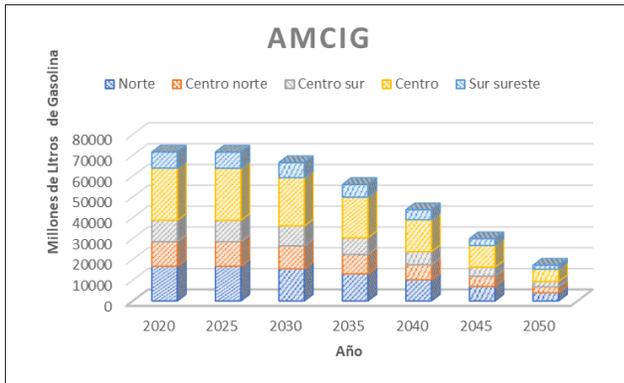


Ilustración 181 Millones DE Litros de Gasolina AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

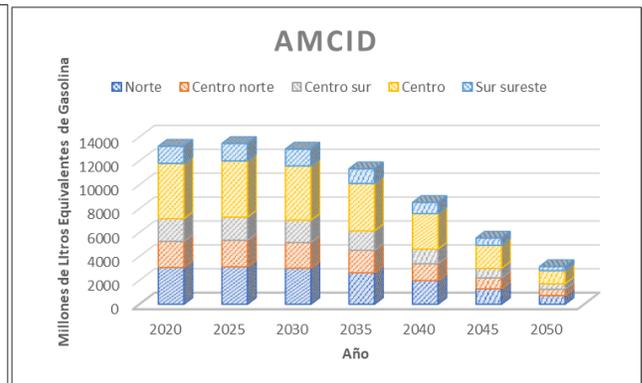


Ilustración 182 Millones de Litros Equivalentes AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

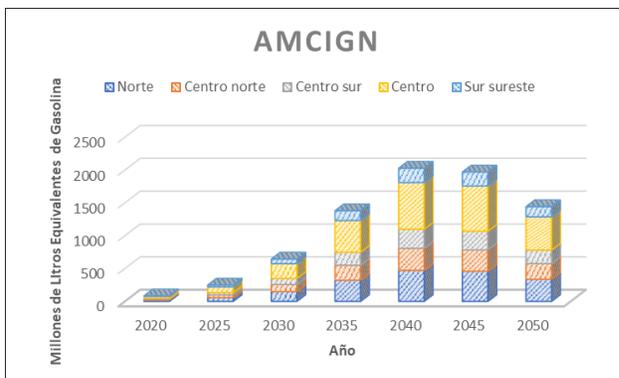


Ilustración 184 Millones de Litros Equivalentes AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

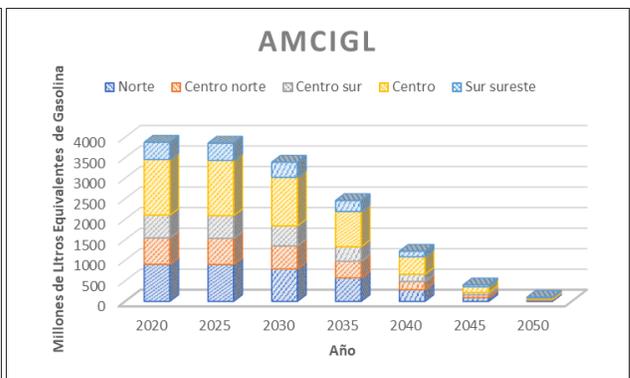


Ilustración 183 Millones de Litros Equivalentes AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

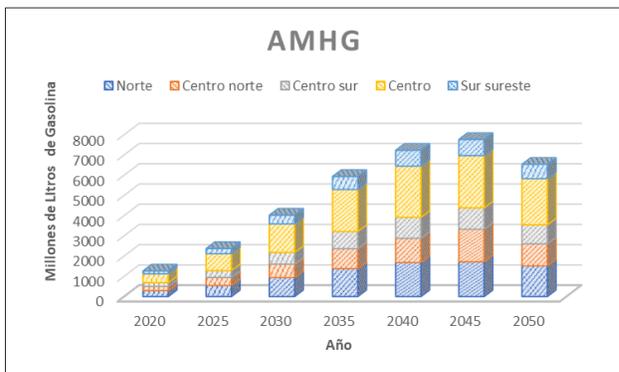


Ilustración 186 Millones de Litros AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

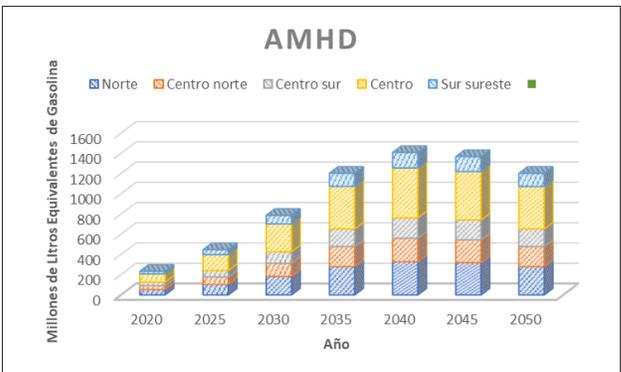


Ilustración 185 Millones de Litros Equivalentes AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

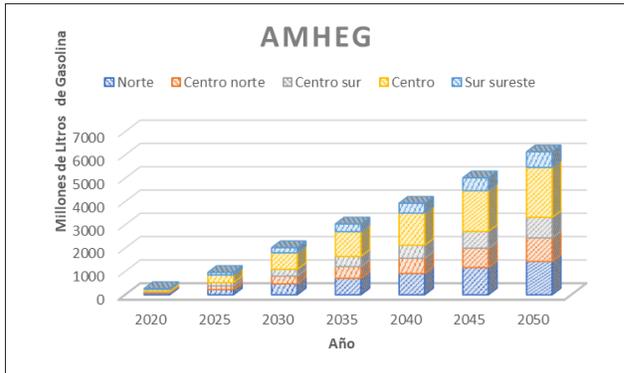


Ilustración 187 Millones de Litros AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

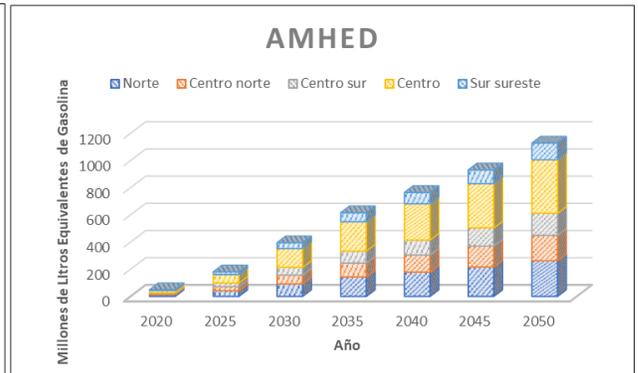


Ilustración 188 Millones de Litros Equivalentes AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

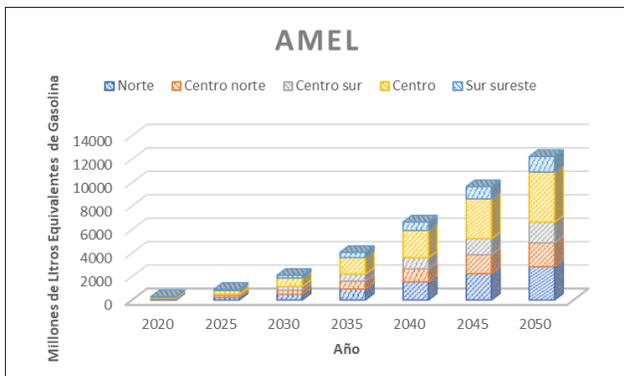


Ilustración 189 Millones de Litros Equivalentes AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

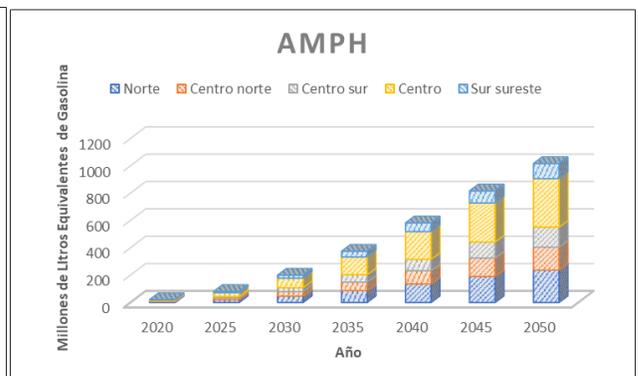


Ilustración 190 Millones de Litros Equivalentes AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Consumo de Combustible en Litros Equivalentes de Gasolina escenario RTS (Variable Alta).

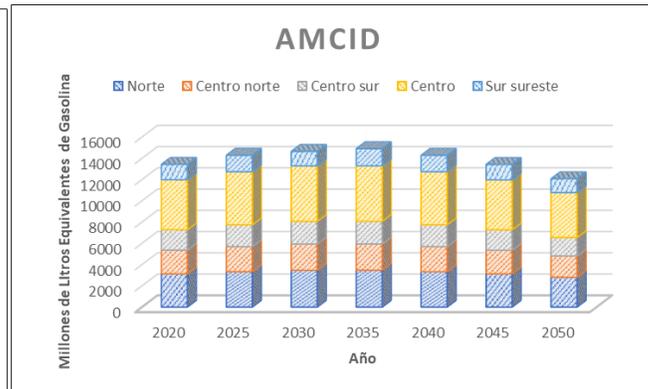
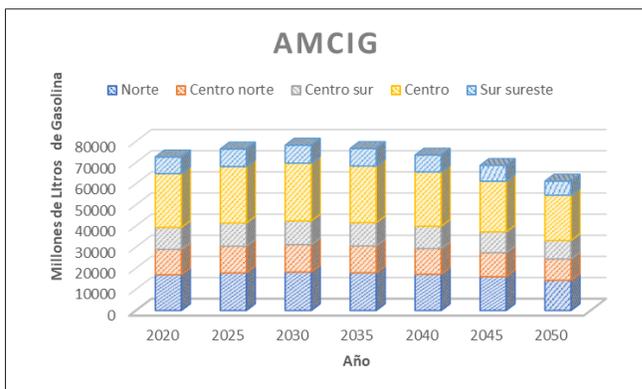


Ilustración 191 Millones DE Litros de Gasolina AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

Ilustración 192 Millones de Litros Equivalentes AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

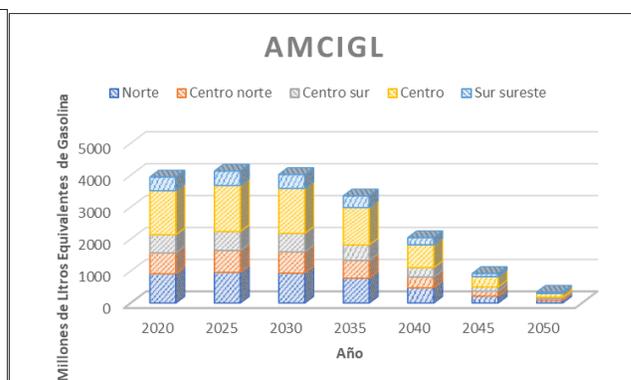
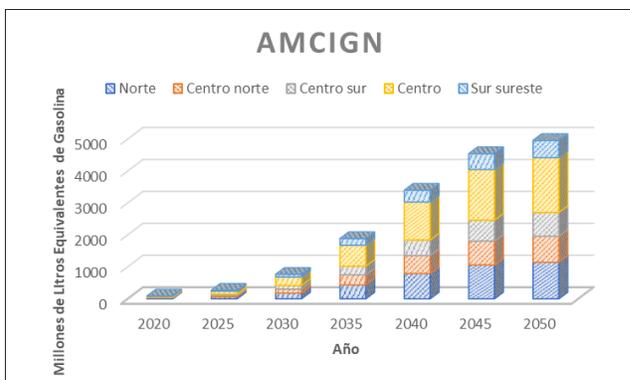


Ilustración 193 Millones de Litros Equivalentes AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

Ilustración 194 Millones de Litros Equivalentes AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

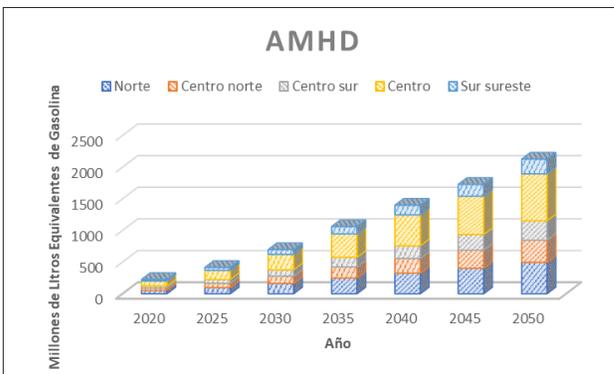
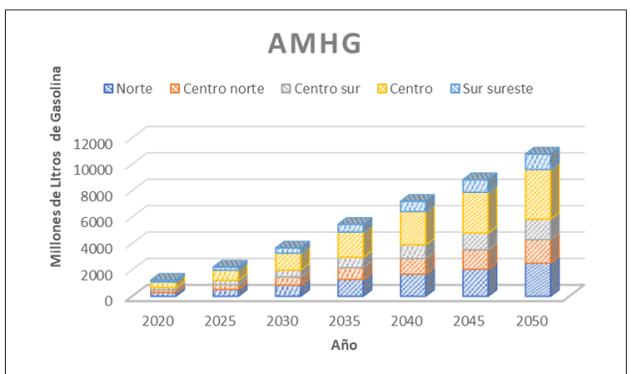


Ilustración 195 Millones de Litros AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

Ilustración 196 Millones de Litros Equivalentes AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

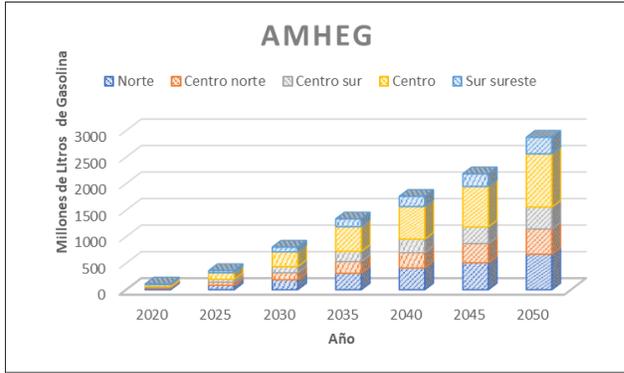


Ilustración 197 Millones de Litros AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

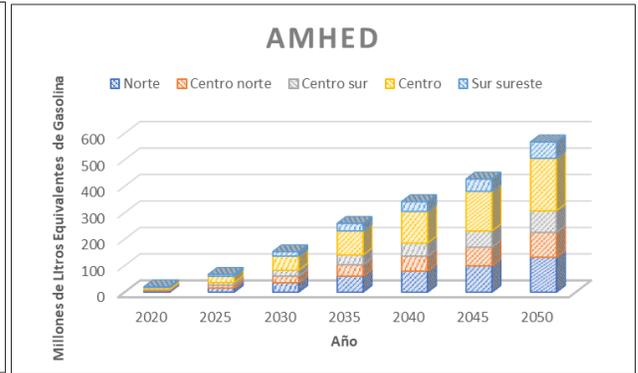


Ilustración 198 Millones de Litros Equivalentes AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

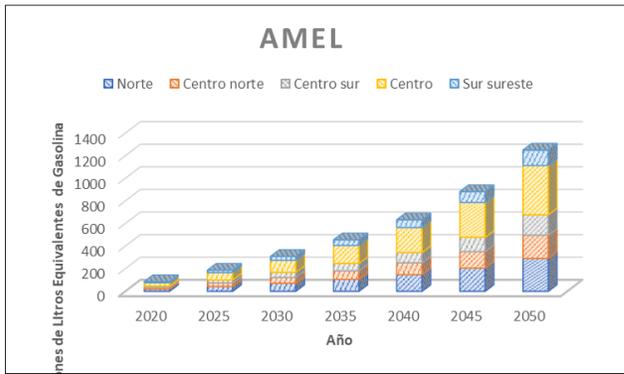


Ilustración 199 Millones de Litros Equivalentes AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

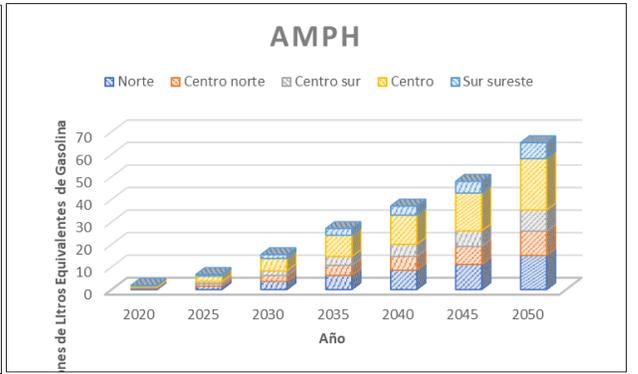


Ilustración 200 Millones de Litros Equivalentes AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Consumo de Combustible en Litros Equivalentes de Gasolina escenario 2DS (Variable Alta).

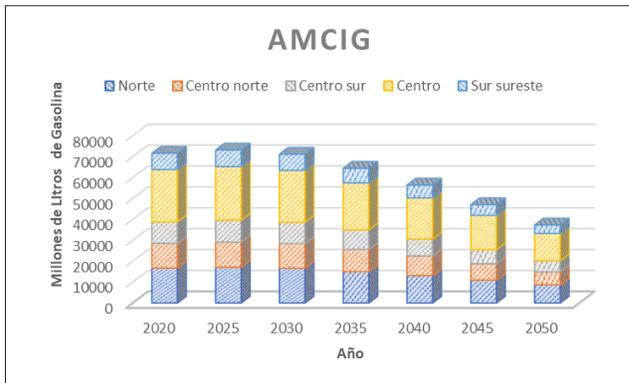


Ilustración 201 Millones DE Litros de Gasolina AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

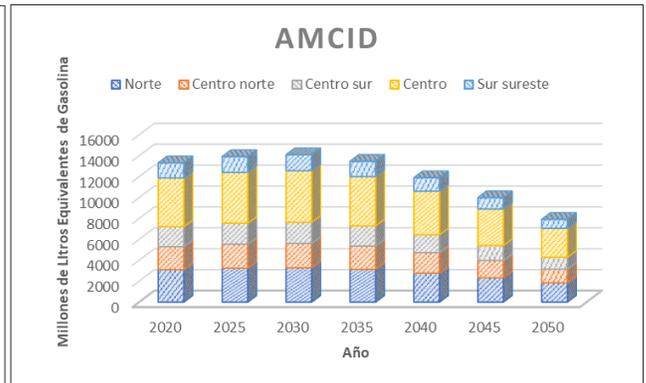


Ilustración 202 Millones de Litros Equivalentes AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

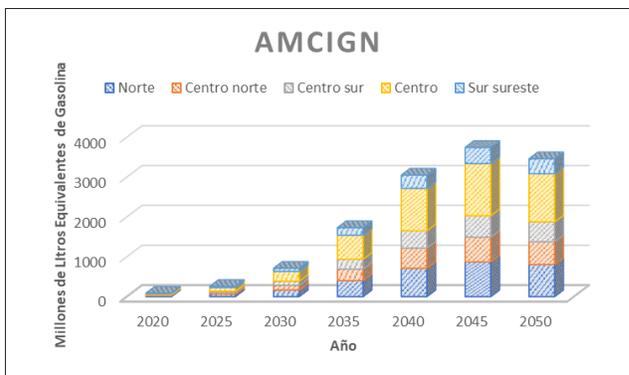


Ilustración 203 Millones de Litros Equivalentes AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

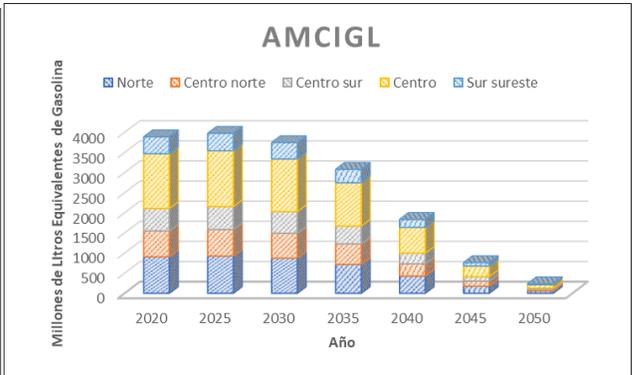


Ilustración 204 Millones de Litros Equivalentes AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

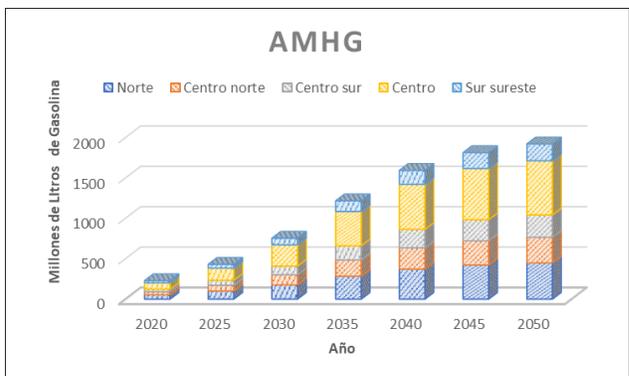


Ilustración 206 Millones de Litros AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

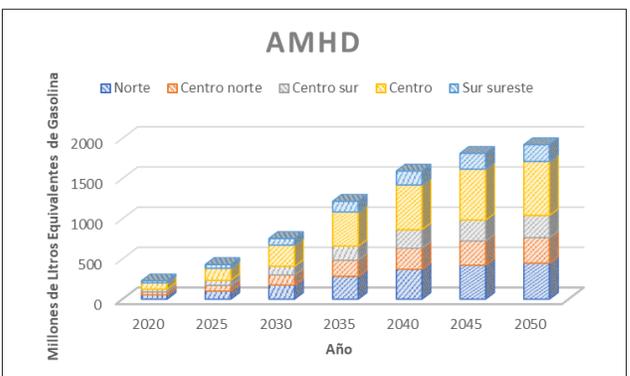


Ilustración 205 Millones de Litros Equivalentes AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

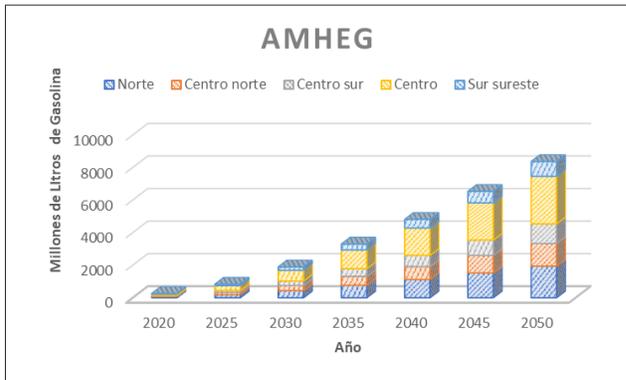


Ilustración 207 Millones de Litros AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

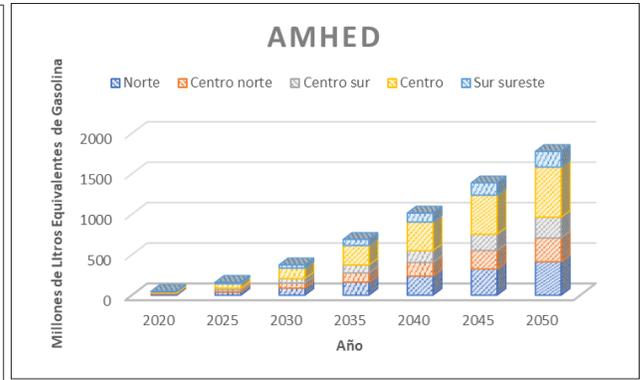


Ilustración 208 Millones de Litros Equivalentes AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

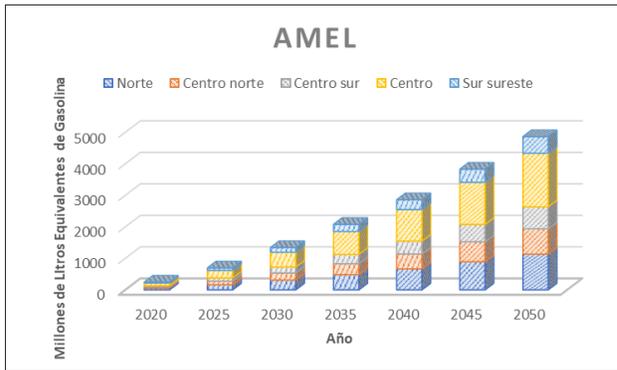


Ilustración 209 Millones de Litros Equivalentes AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

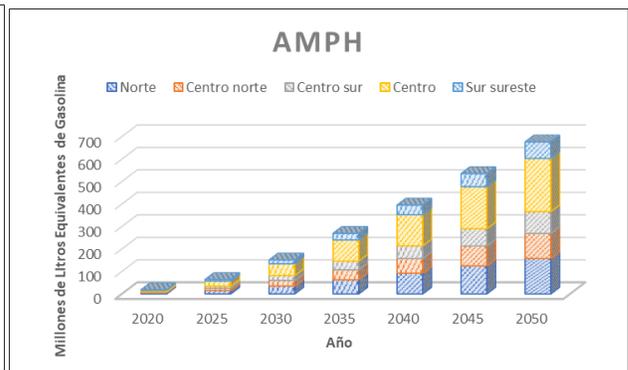


Ilustración 210 Millones de Litros Equivalentes AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Consumo de Combustible en Litros Equivalentes de Gasolina escenario B2DS (Variable Alta).

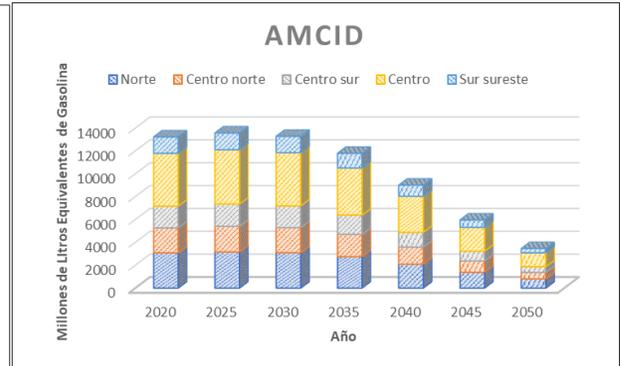
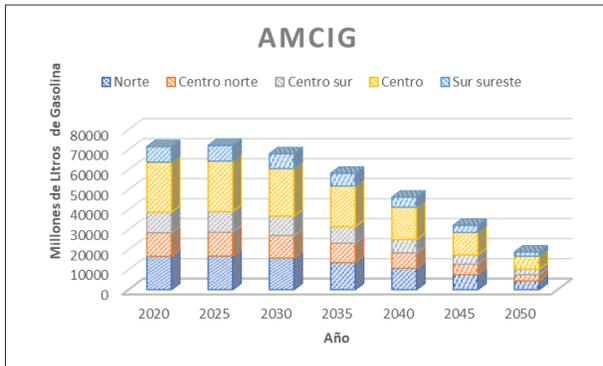


Ilustración 211 Millones DE Litros de Gasolina AMCI por zona geográfica de 2020 a 2050

Ilustración 212 Millones de Litros Equivalentes AMCID por zona geográfica de 2020 a 2050

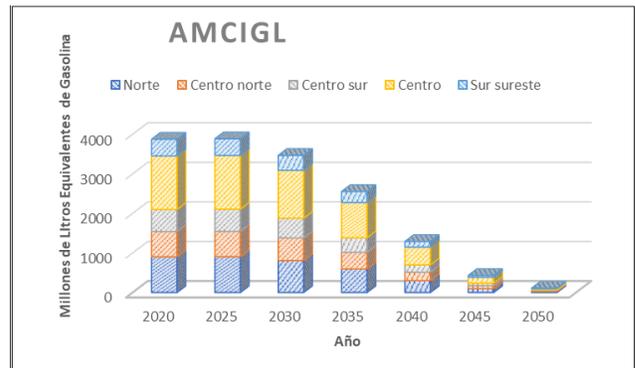
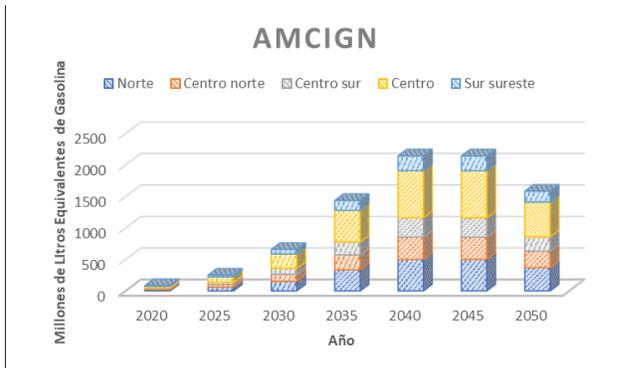


Ilustración 216 Millones de Litros Equivalentes AMCIGN por zona geográfica de 2020 a 2050

Ilustración 215 Millones de Litros Equivalentes AMCIGL por zona geográfica de 2020 a 2050

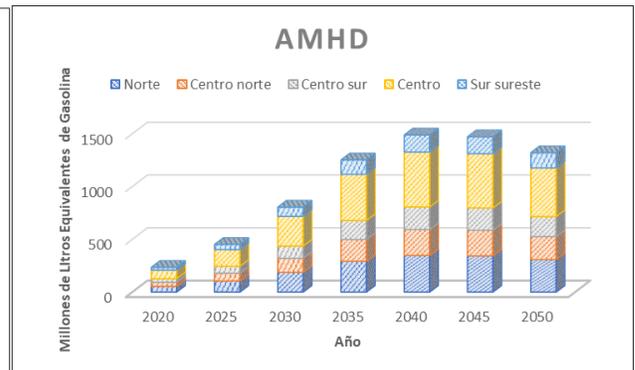
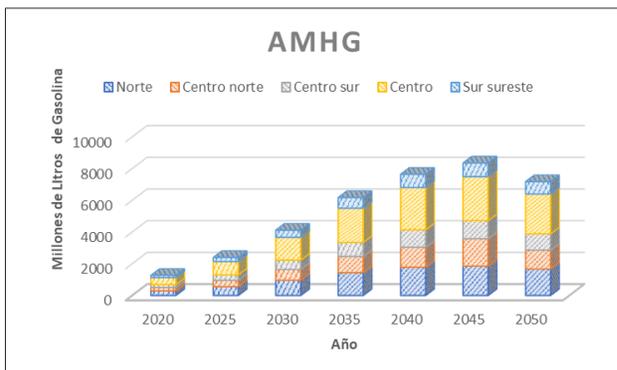


Ilustración 213 Millones de Litros AMHG por zona geográfica de 2020 a 2050

Ilustración 214 Millones de Litros Equivalentes AMHD por zona geográfica de 2020 a 2050

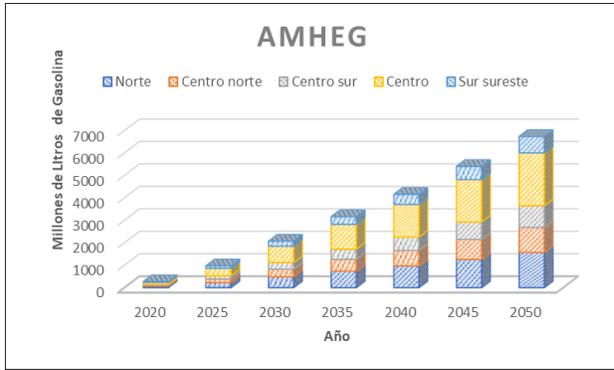


Ilustración 217 Millones de Litros AMHEG por zona geográfica de 2020 a 2050

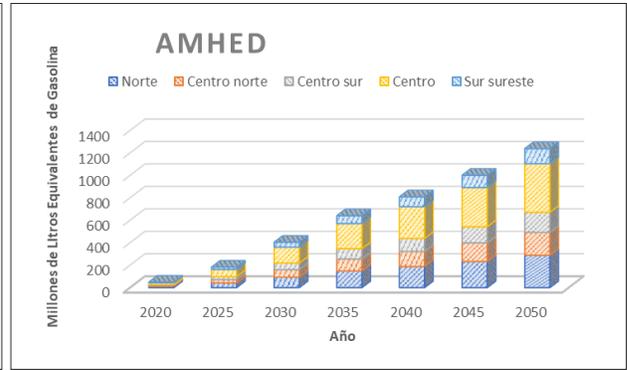


Ilustración 218 Millones de Litros Equivalentes AMHED por zona geográfica de 2020 a 2050

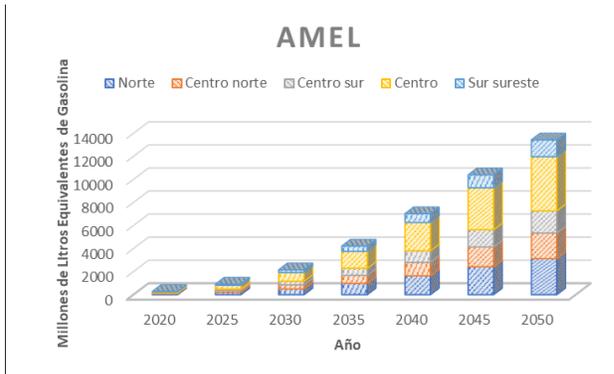


Ilustración 219 Millones de Litros Equivalentes AMEL por zona geográfica de 2020 a 2050

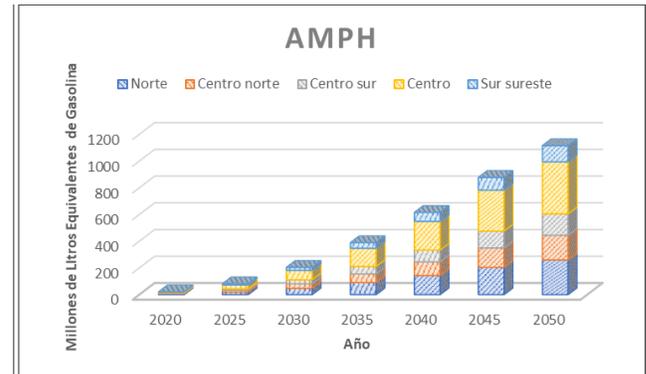


Ilustración 220 Millones de Litros Equivalentes AMPH por zona geográfica de 2020 a 2050

Bibliografía y Referencias

1. SENER. (2021). *Balance Nacional de Energía*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/707654/BALANCE_NACIONAL_ENERGIA_0403.pdf
2. INECC. (2022). Eco vehículos. <https://ecovehiculos.inecc.gob.mx/>
3. SEDEMA. (2023). Hoy No circula.
<https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/hoy-no-circula>
4. INEGI. (2022). Parque Vehicular. <https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>
5. Crabi. (2023). Gasolineras en México: 12 marcas que operan en el país.
<https://www.crabi.com/blog/consejos-gasolineras-en-mexico>
6. KIA. (2022). ¿Cómo funcionan los motores de los automóviles?
<https://www.kia.com/mx/discover-kia/ask/how-do-car-engines-work.html>
7. Toyota. (2021). Cómo funciona un motor híbrido eléctrico y sus beneficios.
<https://www.toyota.es/world-of-toyota/articles-news-events/2018/como-funciona-motor-coche-hibrido-toyota-beneficios>
8. CFE. (2022). ¿Qué son las electrolineras?
<https://www.cfe.mx/paese/serviciospaese/Pages/electrolineras.aspx>
9. Forbes. (2022, junio). Esto cuestan 7 autos eléctricos disponibles en México.
<https://www.forbes.com.mx/esto-cuestan-algunos-autos-electricos-disponibles-en-mexico/>
10. INEGI. (2021, enero). En México somos 126,014,024 habitantes: Censo de población y vivienda 2020.
https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/ResultCenso2020_Nal.pdf

11. Banco Mundial. (2023, diciembre). Emisiones de CO2 del consumo de combustible líquido (% del total).
https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.LF.KT?end=2016&most_recent_value_desc=true&start=2016&type=shaded&view=map&year=1960

12. Banco Mundial. (2023, diciembre). Consumo de energía procedente de combustibles fósiles (% del total).
https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.COMM.FO.ZS?end=2015&most_recent_value_desc=true&start=2015&type=shaded&view=map&year=1960

13. Banco Mundial. (2023, diciembre). Combustibles renovables y residuos (% del total de energía).
<https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.CRNW.ZS?end=2015&start=2015&view=bar>

14. ULPGC. (2011, diciembre). Deducción del modelo de crecimiento de Von Bertalanffy.
<https://estadistica-dma.ulpgc.es/FCC/pdf/Bertalanffy.pdf>

15. García San José, R. (2023, noviembre). Combustión y combustibles.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51315812/Combustion_y_combustibles-libre.pdf?1484221059=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCOMBUSTION_Y_COMBUSTIBLES.pdf&Expires=1724453026&Signature=MQfRXxftDXzJVIJrg7mxoLlQFwEJnr0RWwJiQ3wOOtZrCOW8royyiAjLY1UdK1cepg~m9cpCGAsZwtV5Ackakb5KmQYXdV0CGay0SXqSbxQNpLNKzYGEoSXDhoayrJbgww63W-qZf-cGdU-VqPPXYF38jGh5jnDv8GBQ1Ej1eyuQFdOcJb8StSAoTjuyU7CgtlHYvoynUufraKsrCm742rzQ6Fw3TgUcHPxn6CWfEPNGArZ~jcQp~TLoQ9ZPysjT-wur-Q-kVty1T6F1h70DQvgQv10ECU0ir7VhAeEO2jpmhu1ZiBMCsEmqLIC0uucPP1sJxf7xrMyBubGle4w__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GG

16. Fundación BBVA. (2022, 24 de noviembre). ¿Qué es el combustible fósil? La energía que se obtiene de la materia orgánica. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-combustible-fosil-la-energia-que-se-obtiene-de-la-materia-organica/>

17. Gay y García, C. (2023). Biocombustibles en México: Una alternativa para la reducción de la dependencia de los hidrocarburos y la mitigación de los gases efecto invernadero. <https://www.pincc.unam.mx/wp-content/uploads/2021/05/2014-biocombustibles.pdf>

18. Portal mecánico. (2022). Partes del motor. https://portalelectromecanico.com/CURSOS/MaquinasMecanicas/partes_del_motor.html

19. Ingeniería y Mecánica Automotriz. (2019). Vehículos híbridos: Funcionamiento, tipos y diseño de sistemas. <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/vehiculos-hibridos-electricos-funcionamiento-tipos-y-diseno-de-sistema/>

20. CFE. (n.d.). Tipos de electrolineras en México y tiempo de carga de un auto eléctrico. <https://www.cfe.mx/paese/serviciospaese/Pages/electrolinieras.aspx>