

Aplicación de metodología de flujo de inversión y financiamiento (I&FF) al ejercicio de carbono neutralidad del sector energía

Resumen Ejecutivo

Septiembre de 2022

Índice

Índice.....	2
I. Listado abreviaturas.....	3
II. Resumen ejecutivo.....	5

Índice de gráficos

Gráfico N°1 Cambios acumulados de aportes del gobierno por sector económico (millones de dólares 2020)	6
Gráfico N°2 Cambios acumulados de aportes descontados del gobierno por sector económico (millones de dólares 2020)	8
Gráfico N°3 Cambios acumulados de aportes de empresas por sector económico (millones de dólares 2020)	10
Gráfico N°4 Cambios acumulados de aportes descontados de empresas por sector económico (millones de dólares 2020)	12
Gráfico N°5 Cambios acumulados de aportes de hogares por sector económico (millones de dólares 2020)	14
Gráfico N°6 Cambios acumulados de aportes descontados de hogares por sector económico (millones de dólares 2020)	16
Gráfico N°7 Cambios acumulados de flujos de capital (millones de dólares 2020)	18
Gráfico N°8 Cambios acumulados de flujos de capital descontados (millones de dólares 2020)	18

Índice de tablas

Tabla N°1 Cambios acumulados de aportes del gobierno (millones de dólares 2020)	7
Tabla N°2 Cambios acumulados de aportes descontados del gobierno (millones de dólares 2020)	9
Tabla N°3 Cambios acumulados de aportes de empresas (millones de dólares 2020)	11
Tabla N°4 Cambios acumulados de aportes descontados de empresas (millones de dólares 2020).....	13
Tabla N°5 Cambios acumulados de aportes de hogares (millones de dólares 2020).....	15
Tabla N°6 Cambios acumulados de aportes descontados de hogares (millones de dólares 2020)	17
Tabla N°7 Flujos de capital acumulados por sector económico en MM USD del 2020 (sin tasa de descuento)	19
Tabla N°8 Flujos de capital acumulados por sector económico en MM USD del 2020 (descontados al 6%)	19

I. Listado abreviaturas

ACS: Agua Caliente Sanitaria

AGENCIASE: Agencia de Sostenibilidad Energética

BNE: Balance Nacional de Energía

CAPEX: *Capital Expenditure* (costo en inversión)

CGE: *Computable General Equilibrium* (Equilibrio General Computable)

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

CNE: Comisión Nacional de Energía

Cochilco: Comisión Chilena del Cobre

CONAF: Corporación Nacional Forestal

COP: *Conference Of Parties* (Conferencia de las Partes)

CO₂: Dióxido de carbono

DDTS: Degradación de las Tierras y Sequía

EPICA: *European Project for Ice Coring in Antarctica* (Proyecto Europeo de Muestreo de Hielo en Antártida)

FF: Flujos de financiamiento

FI: Flujos de inversión

GIZ: *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammen- arbeit* (Sociedad Alemana de Cooperación Internacional)

IEA: *International Energy Agency* (Agencia Internacional de la Energía).

INE: Instituto Nacional de Estadísticas

INFOR: Instituto Forestal.

IPCC: *The Intergovernmental Panel on Climate Change* (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático)

IRENA: *International Renewable Energy Agency* (Agencia Internacional de las Energías Renovables)

km: Kilómetro

LEAP: *Long-range Energy Alternatives Planning*

MEN: Ministerio de Energía

MEPS: *Minimum Energy Performance Standards* (Estándares Mínimos de Eficiencia Energética)

MM: Millones.

MMA: Ministerio Medio Ambiente

MVA: Megavoltamperio

NDC: *Nationally Determined Contribution* (Contribución Determinada a nivel Nacional)

NOAA: *National Oceanic and Atmospheric Administration* (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica)

O&M: Operación y mantenimiento

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

OGUC: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

OPEX: *Operational expenditure* (costo operacional)

PELP: Planificación Energética de Largo Plazo

PYME: Pequeñas y medianas empresas

SAM: *Social Accounting Matrix* (Matriz de contabilidad social)

SEN: Sistema Eléctrico Nacional

SST: Sistema Solar Térmico

PNUD: Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

VE: Vehículo Eléctrico

ZEV: Zero-Emissions Vehicle

II. Resumen ejecutivo

El trabajo realizado por PNUD busca determinar el capital adicional que se requiere para llevar a cabo las medidas de mitigación propuestas en la última actualización de la PELP, enfocándose en las entidades que deberán proveerlo y del tipo de capital que se requiere (flujos de inversión, flujos de financiamiento¹ y costos de O&M). Para esto se trabajó con una estimación de costos de CAPEX y OPEX que fue realizada por la consultora E2biz, la que cuantificó los costos del Plan de Acción de Eficiencia Energética del MEN, adaptados a la estructura de escenarios energéticos de la PELP. El MEN tomó los resultados de dicha estimación y los utilizó para proyectar los costos del Escenario de Carbono Neutralidad de la nueva PELP, y un escenario base que fue construido para actualizar el análisis de carbono neutralidad del sector energía. Los resultados del MEN fueron analizados utilizando la metodología de evaluación de I&FF desarrollado por PNUD. De acuerdo con la metodología los valores se presentan en dólares del año base, que en este caso es el 2020. Esto facilita la visualización de los años que requerirán el mayor aporte de capital.

De manera previa al trabajo que se presenta en este documento, se realizó un piloto de I&FF en el que se buscaba determinar las existencias de brechas de información que impidiesen realizar una evaluación completa de I&FF. El piloto fue realizado a las medidas que se encontraban presentes en el ejercicio de Carbono Neutralidad desarrollado por el MEN el año 2019. En este piloto fue posible detectar las siguientes brechas:

1. No se consideraron los flujos de financiamiento
2. No se consideraron las entidades que proveerían el capital

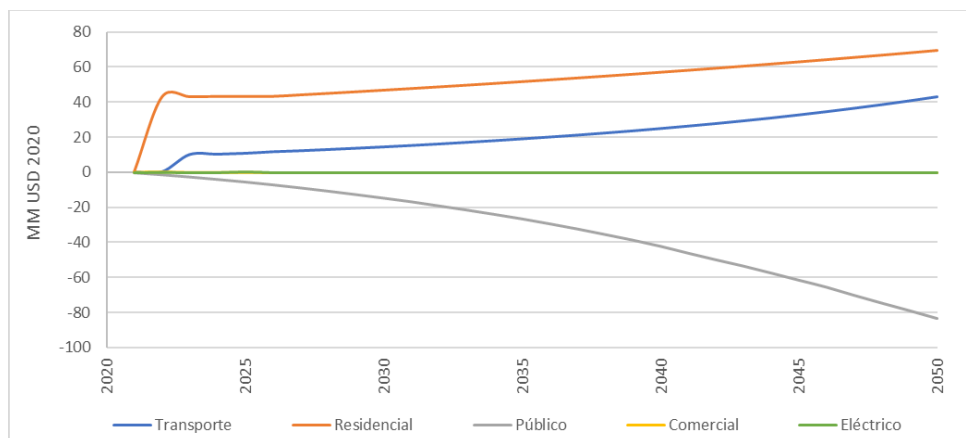
Tras estimar la información faltante, fue posible concluir el piloto sin hallar brechas adicionales. Para esta evaluación se encontraron las mismas brechas de información, sin embargo, gracias al trabajo realizado en el piloto y en conjunto con el MEN fue posible cerrarlas. Para estimar el valor de los flujos de financiamiento se analizaron las metodologías y valores considerados en otras evaluaciones de I&FF, lo cual fue acompañado de reuniones con el MEN. Tras conversar en profundidad esta brecha y las medidas de mitigación presentes en el Escenario de Carbono Neutralidad, se concluyó que no existían valores que pudiesen ser asociados a flujos de financiamiento o en caso de existir serían marginales, por lo que se asumió que este tipo de flujo tendría un valor nulo.

Para poder desagregar los flujos en función de las entidades que deberían proveerlos se asignó cada medida de mitigación a una entidad principal y de manera posterior se buscaron programas de gobierno y/o subsidios que pudiesen aportar a las medidas, permitiendo estimar el aporte del gobierno a cada medida. Solo se consideraron programas y subsidios ya existentes. Se pudo apreciar que los aportes estatales se encontraban principalmente dirigidos a PYMEs y los hogares. También fue posible observar que el financiamiento estatal estaba dirigido mayormente para flujos de inversión. El gobierno participa

¹ Se definen como flujos de capital requerido que no entran en las categorías de flujos de inversión (CAPEX) ni en la de costos de operación y mantenimiento (OPEX), como pueden ser los costos asociados a la capacitación del personal frente a un cambio tecnológico.

aportando capital en los sectores transporte, público y residencial, siendo este último el que concentra la mayoría de los aportes, destinados en gran parte al acondicionamiento térmico de viviendas para disminuir las pérdidas energéticas. Las medidas del sector público, en su totalidad asociadas a la eficiencia energética, permiten al gobierno ahorrar en costos de O&M desde su implementación, siendo estos ahorros mayores a la inversión requerida desde el año de implementación. Los ahorros van asociados a menores costos de operación, producto de un menor consumo de combustibles fósiles, lo que también se traduce en una disminución de emisiones de CO₂. De manera adicional, las medidas son una clara señal de fomento al desarrollo, al mostrar la efectividad de la eficiencia energética. En los gráficos N°1 y N°2 es posible observar la evolución de los costos totales del gobierno asociado a los sectores económicos de las medidas, sin tasa de descuento y con tasa de descuento (6%) respectivamente. Los valores negativos indican ahorro. Los valores presentados son el capital adicional que se requiere para las medidas, obtenido como la diferencia entre los costos de estas entre los escenarios. Valores nulos pueden indicar que las entidades no aportan capital para las medidas o que la medida es igual en ambos escenarios, por lo que no requeriría capital adicional para ser implementada.

Gráfico N°1 Cambios acumulados de aportes del gobierno por sector económico (millones de dólares 2020)²



Fuente: Resultados evaluación de I&FF.

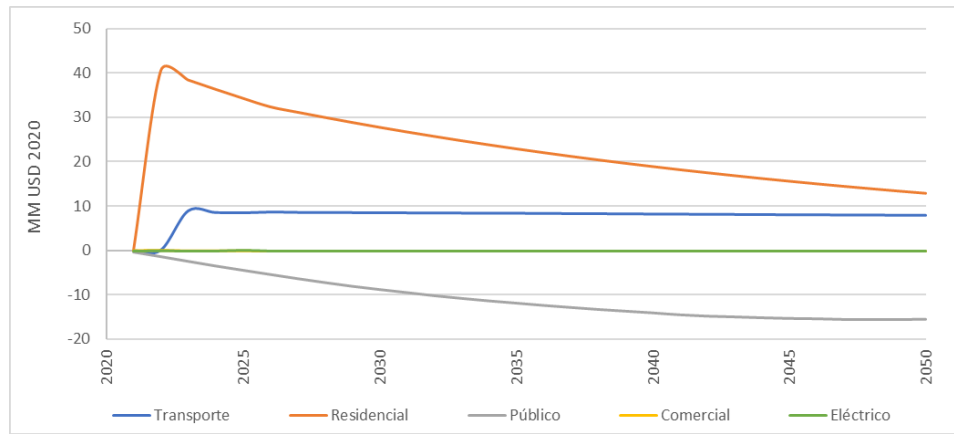
² Entidad no presenta flujos de capital asociados a sector Industria-minería.

Tabla N°1 Cambios acumulados de aportes del gobierno (millones de dólares 2020)

	FI	O&M	Total
2021	1	- 1	0
2022	44	- 2	42
2023	54	- 3	50
2024	54	- 5	49
2025	55	- 6	48
2026	56	- 8	48
2027	57	- 10	47
2028	59	- 11	47
2029	60	- 13	47
2030	62	- 15	46
2031	64	- 18	46
2032	66	- 20	46
2033	67	- 22	45
2034	69	- 25	45
2035	72	- 27	44
2036	74	- 30	43
2037	76	- 33	43
2038	78	- 36	42
2039	80	- 40	41
2040	83	- 43	40
2041	85	- 47	38
2042	88	- 51	37
2043	91	- 54	36
2044	94	- 58	35
2045	97	- 63	34
2046	100	- 67	33
2047	103	- 71	32
2048	107	- 76	31
2049	110	- 80	30
2050	114	- 85	29
Total	2.218	- 1.021	1.196

Fuente: Resultados evaluación de I&FF.

Gráfico N°2 Cambios acumulados de aportes descontados del gobierno por sector económico (millones de dólares 2020)³



Fuente: Resultados evaluación de I&FF.

³ Entidad no presenta flujos de capital asociados a sector Industria-minería.

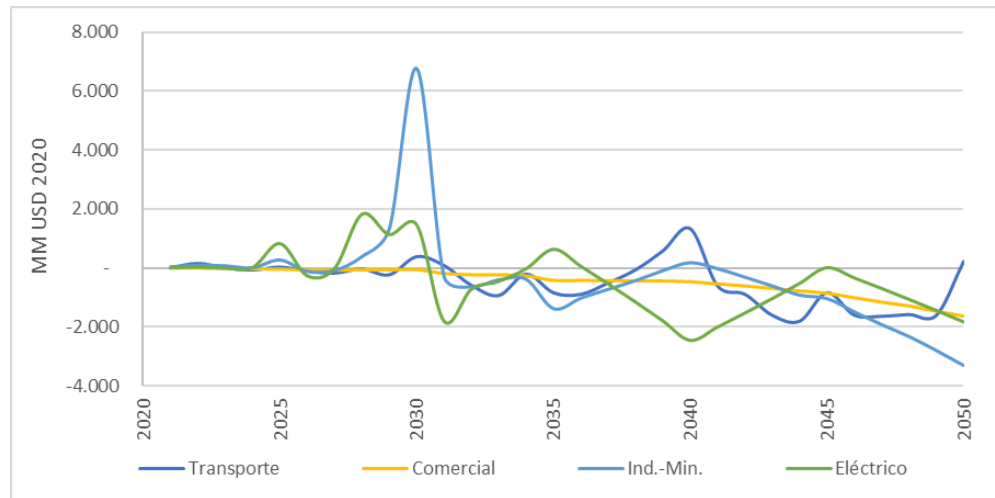
Tabla N°2 Cambios acumulados de aportes descontados del gobierno (millones de dólares 2020)

	FI	O&M	Total
2021	1 -	1 -	0
2022	41 -	2	39
2023	48 -	3	45
2024	45 -	4	41
2025	43 -	5	38
2026	42 -	6	36
2027	40 -	7	33
2028	39 -	8	31
2029	38 -	8	29
2030	37 -	9	28
2031	36 -	10	26
2032	35 -	10	24
2033	34 -	11	22
2034	33 -	12	21
2035	32 -	12	20
2036	31 -	13	18
2037	30 -	13	17
2038	29 -	14	15
2039	28 -	14	14
2040	27 -	14	13
2041	27 -	15	12
2042	26 -	15	11
2043	25 -	15	10
2044	25 -	15	9
2045	24 -	15	8
2046	23 -	16	8
2047	23 -	16	7
2048	22 -	16	6
2049	22 -	16	6
2050	21 -	16	5
Total	923 -	329	595

Fuente: Resultados evaluación de I&FF.

Las empresas deberán aportar la mayoría de las inversiones requeridas para las medidas de mitigación, sin embargo, como es posible observar en los gráficos N°3 y N°4 (sin y con tasa de descuento respectivamente) en el largo plazo las inversiones permiten generar ahorros que superan la inversión requerida. Posterior al 2030 las empresas generarán ahorros en todas los sectores económicos en las que participan y para casi todos los años, para lo cual se requiere de fuertes inversiones en los años previos. El ahorro (presentado con valores negativos) supera notablemente las inversiones y costos de O&M en el total del periodo.

Gráfico N°3 Cambios acumulados de aportes de empresas por sector económico (millones de dólares 2020)⁴



Fuente: Resultados evaluación de I&FF.

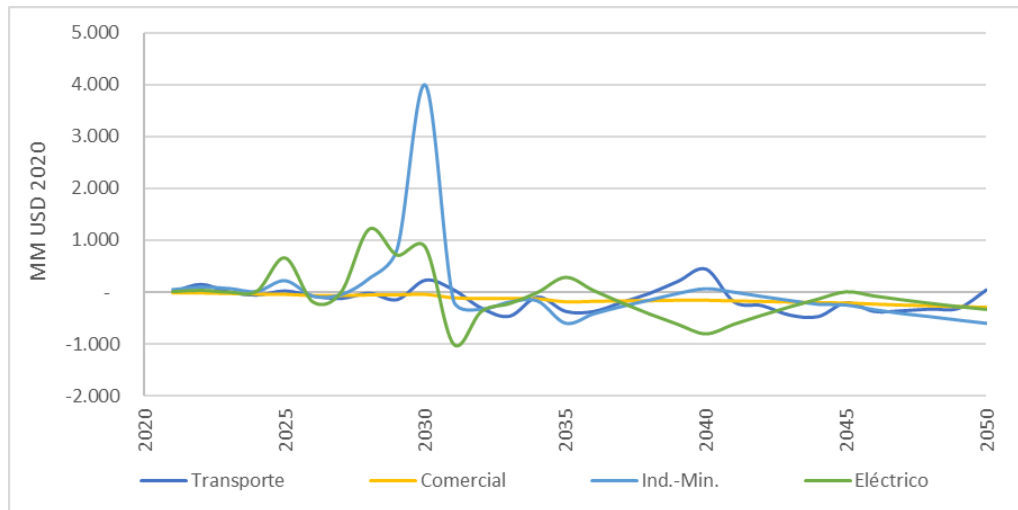
⁴ Entidad no presenta flujos de capital asociados a sector residencial o sector público.

Tabla N°3 Cambios acumulados de aportes de empresas (millones de dólares 2020)

	FI	O&M	Total
2021	76	- 27	48
2022	292	- 24	268
2023	119	- 73	46
2024	45	- 122	77
2025	1.334	- 261	1.073
2026	234	- 305	538
2027	74	- 412	338
2028	2.904	- 837	2.067
2029	3.647	- 1.381	2.266
2030	10.800	- 2.265	8.536
2031	447	- 2.658	2.211
2032	1.086	- 3.201	2.115
2033	1.825	- 3.828	2.003
2034	3.747	- 4.648	901
2035	3.557	- 5.522	1.965
2036	4.082	- 6.333	2.252
2037	5.101	- 7.276	2.175
2038	6.191	- 8.274	2.083
2039	7.344	- 9.102	1.758
2040	8.760	- 10.203	1.442
2041	8.061	- 11.231	3.170
2042	8.806	- 12.129	3.324
2043	9.309	- 13.213	3.904
2044	10.184	- 14.152	3.968
2045	11.975	- 14.633	2.658
2046	11.179	- 15.546	4.367
2047	10.891	- 16.237	5.346
2048	10.535	- 16.724	6.189
2049	9.886	- 17.132	7.246
2050	11.070	- 17.570	6.500
Total	163.092	- 215.318	52.227

Fuente: Resultados evaluación de I&FF.

Gráfico N°4 Cambios acumulados de aportes descontados de empresas por sector económico (millones de dólares 2020)⁵



Fuente: Resultados evaluación de I&FF.

⁵ Entidad no presenta flujos de capital asociados a sector residencial o sector público.

Tabla N°4 Cambios acumulados de aportes descontados de empresas (millones de dólares 2020)

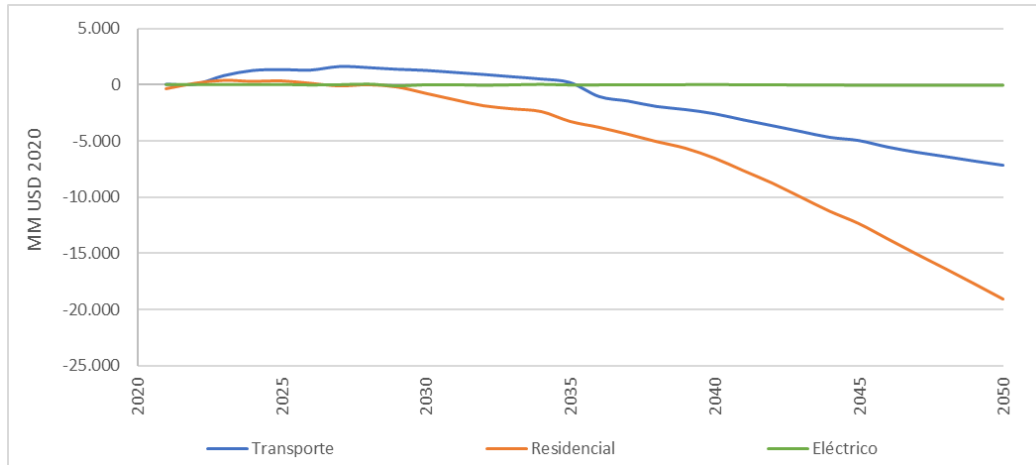
	FI	O&M	Total
2021	76	27	48
2022	276	23	253
2023	106	65	41
2024	38	103	65
2025	1.056	207	850
2026	175	228	402
2027	52	291	238
2028	1.932	557	1.375
2029	2.288	866	1.421
2030	6.393	1.340	5.052
2031	249	1.484	1.234
2032	572	1.686	1.114
2033	907	1.902	995
2034	1.757	2.179	423
2035	1.573	2.442	869
2036	1.703	2.643	940
2037	2.008	2.864	856
2038	2.299	3.073	774
2039	2.573	3.189	616
2040	2.895	3.372	477
2041	2.513	3.502	988
2042	2.590	3.568	978
2043	2.583	3.667	1.083
2044	2.666	3.705	1.039
2045	2.958	3.614	657
2046	2.605	3.622	1.018
2047	2.394	3.569	1.175
2048	2.185	3.468	1.283
2049	1.934	3.351	1.417
2050	2.043	3.243	1.200
Total	53.049	63.850	10.800

Fuente: Resultados evaluación de I&FF.

Gracias a las medidas de mitigación los hogares podrán generar ahorros notables en el sector transporte y residencial, ambos ahorros generados por menores costos de O&M. El gobierno apoya a los hogares financiando la construcción de ciclovías, ampliando de esta manera las opciones de transporte. Los hogares que se presenten dentro de los más vulnerables recibirán subsidios para el reacondicionamiento térmico, pero también se espera que hogares con más recursos lo hagan por cuenta propia. Como es posible observar en los gráficos N°5 y N°6 (sin y con tasa de descuento respectivamente), se genera mayor

ahorro que gasto en las residencias a partir del 2030 aproximadamente, mientras que, para el transporte, las medidas permiten ahorro pasado el 2035.

Gráfico N°5 Cambios acumulados de aportes de hogares por sector económico (millones de dólares 2020)⁶



Fuente: Resultados evaluación de I&FF.

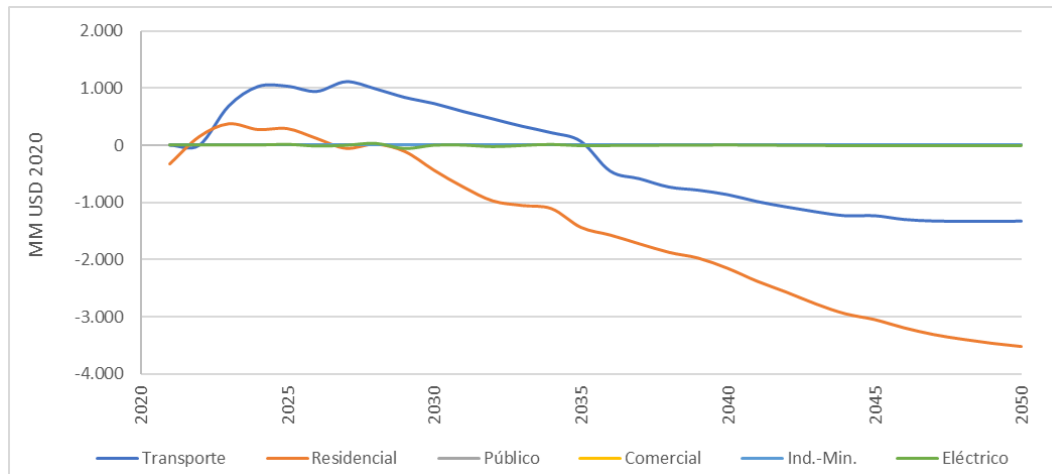
⁶ Entidad solo presenta flujos de capital asociados a sector residencial y sector transporte.

Tabla N°5 Cambios acumulados de aportes de hogares (millones de dólares 2020)

	FI	O&M	Total
2021	15	334	318
2022	511	343	168
2023	1.584	385	1.199
2024	2.013	455	1.559
2025	2.275	578	1.697
2026	2.233	827	1.406
2027	2.637	1.132	1.506
2028	3.105	1.533	1.572
2029	3.080	2.009	1.072
2030	3.076	2.573	503
2031	2.933	3.175	242
2032	2.818	3.828	1.010
2033	3.135	4.587	1.452
2034	3.572	5.426	1.854
2035	3.384	6.483	3.099
2036	2.827	7.681	4.855
2037	3.224	9.090	5.866
2038	3.634	10.634	7.000
2039	4.108	11.968	7.860
2040	4.512	13.611	9.099
2041	4.510	15.273	10.762
2042	4.491	16.888	12.397
2043	4.426	18.618	14.192
2044	4.352	20.326	15.973
2045	4.263	21.616	17.354
2046	4.093	23.384	19.290
2047	3.920	25.017	21.097
2048	3.732	26.521	22.789
2049	3.516	28.041	24.525
2050	3.297	29.564	26.268
Total	95.278	311.897	216.619

Fuente: Resultados evaluación de I&FF.

Gráfico N°6 Cambios acumulados de aportes descontados de hogares por sector económico (millones de dólares 2020)⁷



Fuente: Resultados evaluación de I&FF.

⁷ Entidad solo presenta flujos de capital asociados a sector residencial y sector transporte.

Tabla N°6 Cambios acumulados de aportes descontados de hogares (millones de dólares 2020)

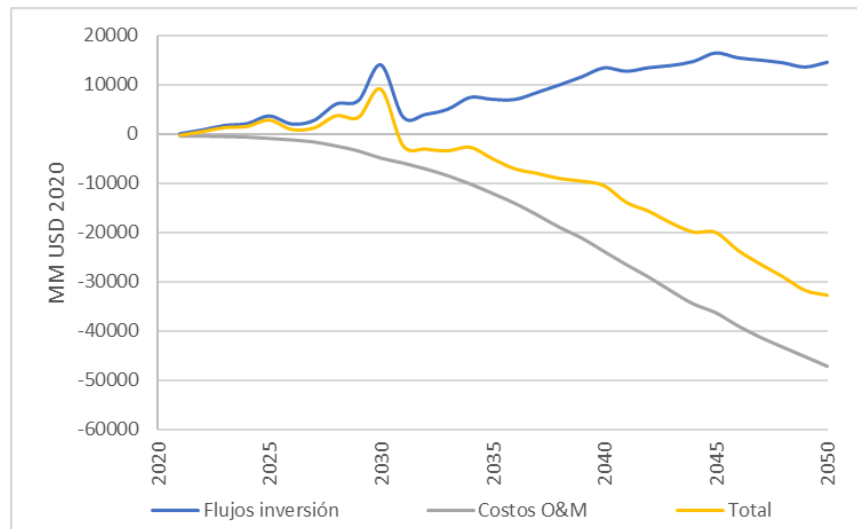
	FI	O&M	Total
2021	15	334	318
2022	482	323	159
2023	1.410	343	1.067
2024	1.691	382	1.309
2025	1.802	458	1.345
2026	1.669	618	1.051
2027	1.859	798	1.061
2028	2.065	1.019	1.046
2029	1.933	1.260	672
2030	1.821	1.523	298
2031	1.638	1.773	135
2032	1.484	2.017	532
2033	1.558	2.280	721
2034	1.675	2.544	869
2035	1.497	2.868	1.371
2036	1.179	3.205	2.026
2037	1.269	3.578	2.309
2038	1.350	3.949	2.600
2039	1.439	4.193	2.754
2040	1.491	4.499	3.007
2041	1.406	4.762	3.356
2042	1.321	4.968	3.647
2043	1.228	5.167	3.938
2044	1.139	5.321	4.182
2045	1.053	5.339	4.286
2046	954	5.448	4.495
2047	862	5.499	4.637
2048	774	5.500	4.726
2049	688	5.486	4.798
2050	608	5.456	4.848
Total	39.360	90.907	51.547

Fuente: Resultados evaluación de I&FF.

Al analizar el total de costos por tipo de flujo es posible observar que los mayores aportes de capital serán requeridos el año 2030 producto de altos niveles de inversión, sin embargo, a partir de ese año, la disminución en los costos de O&M permitiría generar un ahorro que superaría la inversión asociada a las medidas de mitigación. Al invertir en sistemas, construcciones y tecnologías más eficientes, el país no solo lograría ser carbono neutral al 2050, sino que además generaría notables ahorros impulsados por la disminución progresiva de los costos de O&M. En los gráficos N°7 y N°8 (sin y con tasa de descuento respectivamente) es posible observar el tipo de flujos de capital requeridos para llevar a cabo las medidas

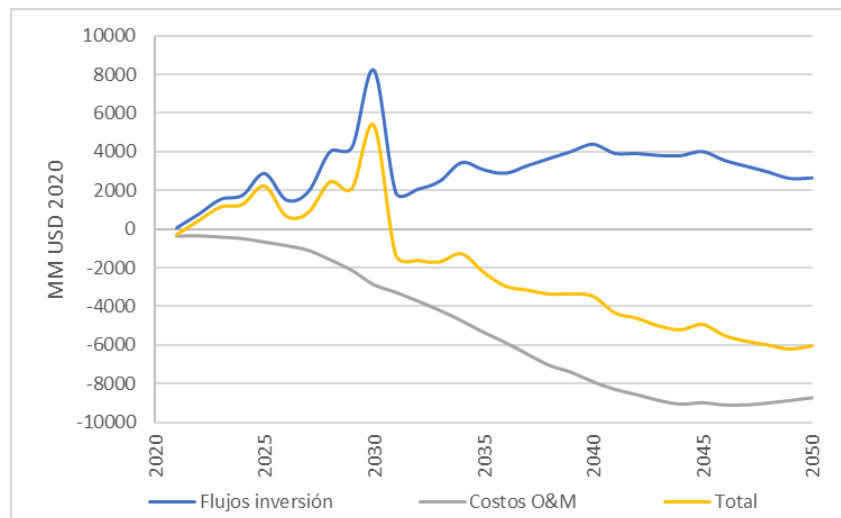
de mitigación y el ahorro generado gracias a estas. Valores asociados a flujos de financiamiento son marginales.

Gráfico N°7 Cambios acumulados de flujos de capital (millones de dólares 2020)



Fuente: Resultados evaluación de I&FF.

Gráfico N°8 Cambios acumulados de flujos de capital descontados (millones de dólares 2020)



Fuente: Resultados evaluación de I&FF.

En las tablas N°7 y N°8 es posible observar el capital adicional total que será requerido entre el periodo 2020 y 2050 (sin y con tasa de descuento respectivamente), por sector económico. Como es posible observar en los gráficos N°7 y N°8, las medidas de mitigación requerirán que las entidades aporten una mayor cantidad para flujos de inversión, excepto para las medidas del sector eléctrico, para las cuales estos flujos serían menores que para la línea base. A pesar de un mayor requerimiento en inversión, los costos de O&M serán menores en el escenario de Carbono Neutralidad que en el escenario base, lo que implica un ahorro en estos flujos. Para todos los sectores económicos el ahorro generado por menores costos de O&M sería mayor que el aumento de inversión requerida, permitiendo al país ahorrar 61.752 millones de dólares del 2020, valor que considera una tasa de descuento del 6%.

Tabla N°7 Flujos de capital acumulados por sector económico en MM USD del 2020 (sin tasa de descuento)

	Flujos inversión	Costos O&M	Total
Transporte	155.443	- 217.567	- 62.124
Residencial	39.636	- 205.471	- 165.835
Público	22	- 1.021	- 1.000
Comercial	5.276	- 19.408	- 14.131
Ind.-Min.	68.407	- 79.437	- 11.030
Eléctrico	- 8.196	- 5.334	- 13.530
Total	260.587	- 528.237	- 267.649

Fuente: Resultados evaluación de I&FF.

Tabla N°8 Flujos de capital acumulados por sector económico en MM USD del 2020 (descontados al 6%)

	Flujos inversión	Costos O&M	Total
Transporte	52.899	- 63.446	- 10.546
Residencial	16.492	- 60.536	- 44.044
Público	10	- 329	- 319
Comercial	1.550	- 5.694	- 4.144
Ind.-Min.	23.003	- 23.097	- 94
Eléctrico	- 622	- 1.983	- 2.605
Total	93.333	- 155.085	- 61.752

Fuente: Resultados evaluación de I&FF.