



CORPOEMA
 NIT 900.298.527-3
 Carrera 62 # 98B - 22 Oficina 402
 Tel: (1) 4775888 - Ext. undefined
 Bogotá - Colombia
 lorena.castelblanco@corpoema.net
 www.corpoema.net



Factura Electrónica de Venta
No. 1086

Señores	UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICA - UPME		
NIT	830.000.282-1	Teléfono	(031) 2220601
Dirección	Av. calle 26 No. 69D - 91	Ciudad	Bogotá - Colombia

Fecha y hora Factura	
Generación	23/12/2025, 08:19
Expedición	23/12/2025, 08:20
Vencimiento	31/12/2025

Ítem	Descripción	Cantidad	Vr. Total
1	CO1.PCCNTR.8401246: Determinar el consumo energético del sector residencial-urbano colombiano, considerando elementos sociales, económicos y climáticos; a partir de información primaria y secundaria. Pago 3 - Correspondiente al 30% del Valor del contrato	1.00	224,374,500.00

Total items: 1

Total Bruto	188,550,000.00
IVA 19%	35,824,500.00
Total a Pagar	224,374,500.00

Valor en Letras: Doscientos veinticuatro millones trescientos setenta y cuatro mil quinientos pesos m/cte

Forma de pago:
 Crédito

Medio de pago:
 Otro - Pago a Crédito - Cuota No. 001 vence el \$ 224,374,500.00
 2025-12-31 por

Observaciones: Corpoema no es sujeta del impuesto de Renta, por favor no practicar Retención en la Fuente

#\$21-09-00;CO1.PCCNTR.8401246;olga.gonzalez@upme.gov.co#\$

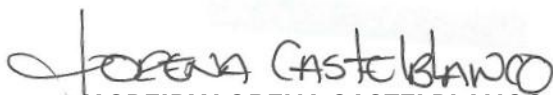
A esta factura de venta aplican las normas relativas a la letra de cambio (artículo 5 Ley 1231 de 2008). Con esta el Comprador declara haber recibido real y materialmente las mercancías o prestación de servicios descritos en este título - Valor. **Número Autorización Electrónica 18764090846476 aprobado en 20250321 prefijo desde el número 1049 al 1200 Vigencia: 12 Meses**
 Responsable de IVA - Actividad Económica 9499 Actividades de otras asociaciones n.c.p. Tarifa
CUFE: 8181995f878003ebf7cc6c7ccb8397b28208f7b477f5a2b0b65f534b48d1e036e95be6cbb1145144323749c1b468907

CERTIFICACION DE PAGOS DE APORTES A LA SEGURIDAD SOCIAL Y PARAFISCALES

Bogotá D.C., 23 Diciembre 2025

Yo, JASBEIDY LORENA CASTELBLANCO AGUIRRE identificada con Cedula de ciudadanía número 1.010.177.974 de Bogotá, en mi condiciones de Representante Legal de CORPORACION EMA identificados con NIT 900.298.527-3 debidamente suscrito en la Cámara de Comercio de Bogotá, certificado el pago de los aportes realizados por la compañía durante los últimos seis (6) meses calendario legalmente exigibles a la fecha del presente proceso de selección, por los conceptos de salud, pensiones, riesgos laborales, cajas de compensación familiar, Instituto colombiano de Bienestar familiar (ICBF) y Servicios Nacional de Aprendizaje (SENA) (Artículo 25 Ley 1607 de 2012). Lo anterior en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 50 de la Ley 789 de 2012 y el artículo 23 de la Ley 1150 de 2007.

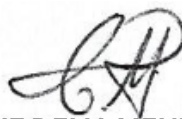
Cordialmente;



JASBEIDY LORENA CASTELBLANCO
REPRESENTANTE LEGAL

CORPORACION EMA

C.C. No. 1.010.177.974 de Bogotá



CRUZ DELIA MENDOZA
REVISORA FISCAL

CORPORACION EMA

C.C. No. 51.569.562 – 66966T

UNIDAD
ADMINISTRATIVA
ESPECIAL

**JUNTA CENTRAL
DE CONTADORES**



Certificado No:

86F5598A47069FB0

**LA REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL
JUNTA CENTRAL DE CONTADORES**

**CERTIFICA A:
QUIEN INTERESE**

Que el contador público **CRUZ DELIA MENDOZA DE PULGARIN** identificado con CÉDULA DE CIUDADANÍA No 51569562 de BOGOTA, D.C. (BOGOTA D.C) Y Tarjeta Profesional No 66966-T SI tiene vigente su inscripción en la Junta Central de Contadores y desde los últimos 5 años.

NO REGISTRA ANTECEDENTES DISCIPLINARIOS *****

Dado en BOGOTA a los 7 días del mes de Noviembre de 2025 con vigencia de (3) Meses, contados a partir de la fecha de su expedición.


SANDRA MILENA BARRIOS PULIDO
DIRECTOR GENERAL

ESTE CERTIFICADO DIGITAL TIENE PLENA VALIDEZ DE CONFORMIDAD CON LO ESTABLECIDO EN EL ARTICULO 2 DE LA LEY 527 DE 1999, DECRETO UNICO REGLAMENTARIO 1074 DE 2015 Y ARTICULO 6 PARAGRAFO 3 DE LA LEY 962 DEL 2005

Para confirmar los datos y veracidad de este certificado, lo puede consultar en la página web www.jcc.gov.co digitando el número del certificado

República de Colombia
Ministerio de Comercio Industria y Turismo

JUNTA CENTRAL DE CONTADORES
TARJETA PROFESIONAL
DE CONTADOR PUBLICO

66966-T

CRUZ DELIA
MENDOZA DE PUEGARIN
C.C. 51569562
RESOLUCION INSCRIPCION 239
UNIVERSIDAD CENTRAL

FECHA 12/08/1999

DIRECTOR GENERAL

[Signature]
JULIO CESAR ACUÑA GONZALEZ


76076



192614

Esta tarjeta es el unico documento que lo acredita como
CONTADOR PUBLICO de acuerdo con lo establecido en
la ley 43 de 1990.

Agradecemos a quien encuentre esta tarjeta comunicarse
al PBX: 644 44 50 o devolverla a la UAE - Junta Central de
Contadores a la calle 96 No. 9A - 21 Bogota D.C.



www.idcqs.com



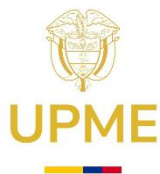
Determinar el consumo energético del sector residencial-urbano colombiano, considerando elementos sociales, económicos y climáticos, a partir de información primaria y secundaria.

Contrato CO1.PCCNTR.8401246

Producto 4.

Estimación final del consumo de energía en el sector residencial-urbano, desagregado por energético y categoría de clima, usos, equipos o tecnología y energéticos; y su relación por el impacto de las variables sociales, económicas y del clima

Presentado a:
**Unidad de Planificación
Minero Energética**



22 de diciembre de 2025



Tabla de contenido

1. Introducción	1
2. Objetivos.....	2
2.1. Objetivo general del proyecto	2
2.2. Objetivos específicos del proyecto	2
2.3. Objetivo general del producto	3
2.4. Objetivos específicos del producto.....	3
3. Marco metodológico para las mediciones y encuestas de consumo de energía	4
4. Análisis basado en información secundaria considerando categorías climáticas y consumo básico de subsistencia.....	4
4.1. Conceptos clave.....	6
4.2. Fuentes de información secundaria.....	6
4.3. Descripción general del procesamiento de la información secundaria	7
5. Usos de la energía en el sector residencial y sus equipos asociados	7
6. Metodología para la estimación del consumo de energía en el sector residencial urbano de Colombia	8
6.1. Etapas en la metodología de estimación.....	9
7. Estimación del consumo de energía en el sector residencial urbano de Colombia para clima cálido húmedo: Barranquilla, Barrancabermeja y Cartagena de Indias	10
7.1. Caracterización socioeconómica y de usos de energía a partir de fuentes secundarias.....	10
7.1.1. Tamaño de los hogares	10
7.1.2. Escolaridad y capital humano.....	11
7.1.3. Pobreza monetaria.....	11
7.1.4. Índice de Pobreza multidimensional (IPM)	11
7.1.5. Tenencia y uso de equipos.....	12
7.2. Análisis de la serie 2019–2024 de Consumos de Energía Eléctrica en Relación con el Consumo Básico de Subsistencia (CBS)	13
7.3. Consumo de energía eléctrica.....	15
7.3.1. Mediciones	15
7.4. Consumo de gas por red.....	18
8. Estimación del consumo de energía en el sector residencial urbano de Colombia para clima cálido seco: Valledupar, Santa Marta, Riohacha, Montería, Sincelejo, Santiago de Cali y Neiva.....	21
8.1. Caracterización socioeconómica y de usos de energía a partir de fuentes secundarias.....	21

8.1.1.	Tamaño de los hogares	21
8.1.2.	Escolaridad y capital humano	21
8.1.3.	Pobreza monetaria	22
8.1.4.	Índice de Pobreza multidimensional (IPM)	22
8.1.5.	Tenencia y uso de equipos	23
8.2.	Análisis de la serie 2019–2024 de Consumos de Energía Eléctrica en Relación con el Consumo Básico de Subsistencia (CBS)	25
8.3.	Consumo de energía eléctrica.....	29
8.3.1.	Mediciones	29
8.4.	Consumo de gas.....	37
9.	Estimación del consumo de energía en el sector residencial urbano de Colombia para clima templado: Medellín e Ibagué.....	40
9.1.	Caracterización socioeconómica y de usos de energía a partir de fuentes secundarias.....	40
9.1.1.	Tamaño de los hogares	41
9.1.2.	Escolaridad y capital humano	41
9.1.3.	Pobreza monetaria	41
9.1.4.	Índice de Pobreza multidimensional (IPM)	42
9.1.5.	Tenencia y uso de equipos	42
9.2.	Análisis de la serie 2019–2024 de Consumos de Energía Eléctrica en Relación con el Consumo Básico de Subsistencia (CBS)	44
9.3.	Consumo de energía eléctrica.....	45
9.3.1.	Mediciones	45
9.4.	Consumo de gas.....	47
10.	Estimación del consumo de energía en el sector residencial urbano de Colombia para clima frío: Bogotá.....	48
10.1.	Caracterización socioeconómica y de usos de energía a partir de fuentes secundarias.....	48
10.1.1.	Tamaño de los hogares.....	48
10.1.2.	Escolaridad y capital humano	49
10.1.3.	Pobreza monetaria	49
10.1.4.	Índice de Pobreza multidimensional (IPM).....	49
10.1.5.	Tenencia y uso de equipos	50
10.2.	Análisis de la serie 2019–2024 de Consumos de Energía Eléctrica en Relación con el Consumo Básico de Subsistencia (CBS)	51
10.3.	Consumo de energía eléctrica.....	52
10.3.1.	Mediciones	52

10.4.	Consumo de gas.....	54
11.	Análisis de promedios de consumo eléctrico y de gas por red nacionales y regionales por estrato.....	55
11.1.	Consumos promedio nacionales consolidados de energía eléctrica.....	55
11.2.	Consumos promedio regionales consolidados de energía eléctrica.....	55
11.3.	Consumos promedio nacionales consolidados de gas natural.....	60
11.4.	Consumos promedio regionales de gas natural.....	61
12.	Matrices de caracterización del consumo energético del sector residencial en Colombia.....	64
12.1.	Evaluación de temperatura vs Consumo de energía eléctrica.....	64
12.1.1.	Piso térmico Cálido Húmedo.....	65
12.1.2.	Piso térmico Cálido Seco.....	66
12.1.3.	Piso térmico Templado.....	68
12.1.4.	Piso térmico Frío.....	69
13.	Conclusiones.....	70
	Referencias.....	72
	Anexo 1.....	74
	Anexo 2. Protocolo de mediciones y encuestas.....	82

Índice de figuras

Figura 1.	Uso y tenencia de electrodomésticos en hogares de clima cálido- húmedo.....	12
Figura 2.	Consumo promedio de energía eléctrica – Barranquilla (2019 – 2024).....	14
Figura 3.	Consumo promedio de energía eléctrica – Cartagena (2019 – 2024).....	14
Figura 4.	Consumo promedio de energía eléctrica – Barrancabermeja (2019 – 2024).....	15
Figura 5.	Uso de la energía medido en Barranquilla - estrato 1.....	16
Figura 6.	Uso de la energía medido en Cartagena - estrato 1.....	17
Figura 7.	Uso de la energía medido en Cartagena - estrato 2.....	17
Figura 8.	Uso de la energía medido en Cartagena - estrato 3.....	18
Figura 9.	Consumo promedio de gas – Barranquilla (2019 – 2024).....	19
Figura 10.	Consumo promedio de gas – Cartagena (2019 – 2024).....	19
Figura 11.	Serie 2019 – 2024 consumo de gas en Barrancabermeja.....	20
Figura 12.	Consumo promedio de energía eléctrica – Valledupar (2019 – 2024).....	25

Figura 13. Consumo promedio de energía eléctrica – Santa Marta (2019 – 2024)..... 26

Figura 14. Consumo promedio de energía eléctrica – Riohacha (2019 – 2024)..... 26

Figura 15. Consumo promedio de energía eléctrica – Montería (2019 – 2024)..... 27

Figura 16. Consumo promedio de energía eléctrica – Sincelejo (2019 – 2024) 27

Figura 17. Consumo promedio de energía eléctrica – Santiago de Cali (2019 – 2024)..... 28

Figura 18. Consumo promedio de energía eléctrica – Neiva (2019 – 2024) 28

Figura 19. Uso de la energía medido en Valledupar - estrato 1 29

Figura 20. Uso de la energía medido en Valledupar - estrato 2..... 30

Figura 21. Uso de la energía medido en Valledupar - estrato 3..... 31

Figura 22. Uso de la energía medido en Santa Marta - estrato 1 31

Figura 23. Uso de la energía medido en Santa Marta - estrato 2 32

Figura 24. Uso de la energía medido en Santa Marta - estrato 3 33

Figura 25. Uso de la energía medido en Riohacha - estrato 1 33

Figura 26. Uso de la energía medido en Riohacha - estrato 2 34

Figura 27. Uso de la energía medido en Riohacha - estrato 3 35

Figura 28. Uso de la energía medido en Sincelejo - estrato 1 35

Figura 29. Uso de la energía medido en Sincelejo - estrato 2 36

Figura 30. Uso de la energía medido en Sincelejo - estrato 3 37

Figura 31. Consumo promedio de gas – Valledupar (2019 – 2024) 37

Figura 32. Consumo promedio de gas – Santa Marta (2019 – 2024)..... 38

Figura 33. Consumo promedio de gas – Riohacha (2019 – 2024)..... 38

Figura 34. Consumo promedio de gas – Montnería (2019 – 2024)..... 39

Figura 35. Consumo promedio de gas – Sincelejo (2019 – 2024) 39

Figura 36. Consumo promedio de gas – Santiago de Cali (2019 – 2024) 40

Figura 37. Consumo promedio de energía eléctrica – Medellín (2019 – 2024)..... 44

Figura 38. Consumo promedio de energía eléctrica – Ibagué (2019 – 2024) 45

Figura 39. Uso de la energía medido en Medellin - estrato 1 46

Figura 40. Uso de la energía medido en Medellín - estrato 2 46

Figura 41. Uso de la energía medido en Medellín - estrato 3 47

Figura 42. Consumo promedio de gas – Medellín (2019 – 2024)..... 47

Figura 43. Consumo promedio de gas – Ibagué (2019 – 2024) 48

Figura 44. Consumo promedio de energía eléctrica - Bogotá (2019 - 2024)..... 51

Figura 45. Uso de la energía medido en Bogotá - estrato 1 52

Figura 46. Uso de la energía medido en Bogotá - estrato 4 53

Figura 47. Uso de la energía medido en Bogotá - estrato 6 54

Figura 48. Consumo promedio de gas – Bogotá (2019 – 2024)..... 54

Figura 49. Consumos promedios consolidados de energía nacional estratificados, para la serie de 2019 a 2024 en kWh..... 55

Figura 50. Consumo promedio por estrato 2019 a 2024 en kWh en Bogotá 56

Figura 51. Consumo promedio por estrato 2019 a 2024 en kWh en región Antioquia..... 57

Figura 52. Consumo promedio por estrato 2019 a 2024 en kWh en región Caribe 57

Figura 53. Consumo promedio por estrato 2019 a 2024 en kWh en región Central 58

Figura 54. Consumo promedio por estrato 2019 a 2024 en kWh en región Oriental 59

Figura 55. Consumo promedio por estrato 2019 a 2024 en kWh en región Pacífica 59

Figura 56. Consumo promedio de gas natural nacional para el rango de 2019 a 2024 60

Figura 57. Consumo promedio de gas natural en Bogotá para el periodo 2019 - 2024 61

Figura 58. Consumo promedio de gas natural en la Región Antioquia para el periodo 2019 - 2024..... 62

Figura 59. Consumo promedio de gas natural en la Región Caribe para el periodo 2019 - 2024 62

Figura 60. Consumo promedio de gas natural en la Región Central para el periodo 2019 - 2024..... 63

Figura 61. Consumo promedio de gas natural en la Región Oriental para el periodo 2019 - 2024..... 63

Figura 62. Consumo promedio de gas natural en la Región Pacífica para el periodo 2019 - 2024..... 64

Figura 63. Mosaico de consumos Estrato 1 para los años 2019, 2020 y 2024 comparado con las temperaturas máxima y mínima..... 65

Figura 64. Mosaico de consumos Estrato 1 para el año 2024 comparado con el Índice de Calor 65

Figura 65. Mosaico de consumos Estrato 1 para los años 2019, 2020 y 2024 comparado con las temperaturas máxima y mínima..... 66

Figura 66. Mosaico de consumos Estrato 1 para el año 2024 comparado con el Índice de Calor 67

Figura 67. Mosaico de consumos Estrato 1 para los años 2019, 2020 y 2024 comparado con las temperaturas máxima y mínima..... 68

Figura 68. Mosaico de consumos Estrato 1 para el año 2024 comparado con el Índice de Calor 69

Figura 69. Mosaico de consumos Estrato 1 para los años 2019, 2020 y 2024 comparado con las temperaturas máxima y mínima..... 69

Figura 70. Consumos Estrato 1 para el año 2024 comparado con el Índice de Calor 70

Índice de tablas

Tabla 1. Relación de categorías climáticas, temperatura y altitud para el análisis de Demanda	5
Tabla 2. Uso y tenencia de electrodomésticos en hogares de clima cálido-húmedo, total departamental y cabeceras	12
Tabla 3. Tenencia y uso de electrodomésticos en hogares de clima seco, total departamental y cabeceras.....	23
Tabla 4. Tenencia y uso de electrodomésticos en hogares de clima templado, total departamental y cabeceras	42
Tabla 5. Tenencia y uso de electrodomésticos en hogares de clima templado, total distrital y cabeceras.....	50
Tabla 6. Consolidado mediana de consumo en kWh/mes para las ciudades objeto de estudio (2024)	70
Tabla 7. Consolidado tamaño de hogar, escolaridad, pobreza monetaria e IPM para las ciudades objeto de estudio (2024).....	71

Producto 4: Estimación final del consumo de energía en el sector residencial-urbano, desagregado por energético y categoría de clima, usos, equipos o tecnología y energéticos; y su relación por el impacto de las variables sociales, económicas y del clima

1. Introducción

El presente proyecto se enmarca en el Plan de Acción Indicativo del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PAI PROURE 2022–2030), adoptado por el Ministerio de Minas y Energía mediante la Resolución 40156 de 2022, que establece metas de eficiencia energética de 1.688 PJ para el periodo 2022–2030, de las cuales el 31% corresponde al sector residencial.

En este sector, el consumo energético total asciende a 283 PJ, concentrado principalmente en cocción (68%), refrigeración (14%), televisión (5%) e iluminación (5%) (Unidad de Planeación Minero Energética, 2022). Particularmente, el sector residencial urbano, objeto de este estudio, presenta un patrón de consumo dominado por la energía eléctrica (47%), destinada principalmente a refrigeración, iluminación y entretenimiento, seguida del gas natural y el GLP empleados en la cocción.

Si bien la UPME ha adelantado ejercicios previos, como el estudio de caracterización del sector de 2012, cuyos resultados requiere actualización y estudios relacionados más recientes sobre el Consumo Básico de Subsistencia (2019) y el Consumo Indispensable (2023); estos análisis no profundizaron en el análisis de los determinantes del consumo energético de acuerdo a la zonas climáticas, y se basaron principalmente en información secundaria, por lo cual deben complementarse dichos análisis con mediciones y encuestas. Por ello, el presente proyecto busca actualizar y complementar dicha información mediante la recolección de datos primarios y mediciones directas en los hogares, permitiendo un análisis más preciso de los consumos de energía eléctrica y gas natural.

Como consideración adicional, el estudio tiene un énfasis en la Región Caribe, donde se registra el mayor consumo energético del país que es de 22.944 GWh frente a 88.084 del total nacional (26%) en 2024 (XM, 2025) y costos elevados de electricidad con una tarifa de \$1.072 en el mes de agosto de 2024 (Presidencia de la República, 2025). Esta situación se explica por factores como el clima cálido predominante, que incentiva el uso intensivo de aires acondicionados, ventiladores y refrigeradores, el estado de las redes de distribución y transmisión, y las altas pérdidas del sistema eléctrico que, en departamentos como Atlántico, Magdalena y La Guajira, alcanzan el 35% (el promedio nacional es de 14%)¹.

Con el fin de profundizar en la comprensión de estos patrones de consumo, se realizarán 209 mediciones en hogares urbanos. Los hogares que conforman la muestra del estudio

¹ Datos tomados de los Términos de Referencia

fueron presentados en el Producto 2 del proyecto, y priorizados de acuerdo con los lineamientos definidos por la UPME en el Anexo No. 4 de los pliegos, considerando los criterios de focalización regional, población con acceso a energía eléctrica, categoría climática, estrato socioeconómico, energético priorizado y presupuesto disponible. A partir de estos criterios se podrá identificar diferencias en los consumos, en las tecnologías utilizadas y en las prácticas de uso de los equipos.

Este documento tiene como propósito, presentar la estimación del consumo de energía en el sector residencial urbano de Colombia, desagregado por tipo de energético y categoría climática, así como por usos finales, equipos o tecnologías asociadas y prácticas de operación, a partir del análisis integrado de información primaria (mediciones y encuestas) y secundaria. En este sentido, el documento se compone de algunas secciones de contexto y apoyo:

- Marco metodológico para las mediciones de consumo de energía (Capítulo 3)
- Análisis basado en información secundaria considerando pisos térmicos y consumo básico de subsistencia (Capítulo 4)
- Usos de la energía en el sector residencial (Capítulo 5)
- Metodología para la estimación del consumo de energía en el sector residencial urbano de Colombia (Capítulo 6)

Y de cuatro secciones principales, cada una dedicada a la estimación del consumo de energía en el sector residencial urbano según la categoría climática:

- Clima cálido húmedo (Capítulo 7: Barranquilla, Barrancabermeja y Cartagena de Indias)
- Clima cálido seco (Capítulo 8: Valledupar, Santa Marta, Riohacha, Montería, Sincelejo, Santiago de Cali y Neiva)
- Clima templado (Capítulo 9: Medellín e Ibagué)
- Clima frío (Capítulo 10: Bogotá)

En conjunto, esta caracterización permitirá fortalecer la planificación energética nacional, apoyar el diseño de estrategias de eficiencia y sustitución la tecnológica, e impulsar medidas que contribuyan a reducir los costos y mejorar la calidad del servicio eléctrico en los hogares colombianos, especialmente en la Región Caribe.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general del proyecto

Determinar el consumo energético de energía eléctrica y gas del sector residencial-urbano colombiano, considerando elementos sociales, económicos y climáticos; a partir de información primaria y secundaria.

2.2. Objetivos específicos del proyecto

1. Elaborar un documento que contenga el plan de trabajo, la metodología y el cronograma detallado.
2. Determinar y concertar con la UPME el tamaño y distribución de la muestra para mediciones y encuestas en el sector residencial urbano, con base en la propuesta inicial de distribución de la UPME.

3. Presentar una propuesta metodológica para la recolección y análisis de la información tanto secundaria como primaria, atendiendo las prioridades establecidas en la propuesta inicial de distribución de la UPME.
4. Realizar las mediciones y encuestas a partir del tamaño y distribución de la muestra concertada y de la propuesta metodológica para la recolección y análisis de la información de acuerdo con lo establecido en la obligación 2 y 3, aprobada por el supervisor del contrato.
5. Analizar y elaborar una propuesta metodológica para la incorporación de las variables sociales, económicas y del clima, que inciden en el consumo final de energía (electricidad y gas como principales energéticos).
6. Elaborar un documento preliminar con el avance de la estimación del consumo de energía en el sector residencial-urbano, desagregado por energético y categoría de clima, por usos y equipos o tecnología asociada y prácticas de operación. Lo anterior a partir de información primaria (mediciones y encuestas) y secundaria.
7. Elaborar un documento que contenga, la estimación final del consumo de energía en el sector residencial-urbano, desagregado por energético y categoría de clima, usos, equipos o tecnología y energéticos; y su relación por el impacto de las variables sociales, económicas y del clima.

2.3. Objetivo general del producto

Elaborar un documento que presente la estimación del consumo de energía en el sector residencial urbano de Colombia, desagregado por tipo de energético y categoría climática, así como por usos finales, equipos o tecnologías asociadas y prácticas de operación, a partir del análisis integrado de información primaria (mediciones y encuestas) y secundaria.

2.4. Objetivos específicos del producto

- Realizar la caracterización y análisis del consumo promedio mensual de energía eléctrica (kWh/mes) por estrato socioeconómico, evaluando su distancia frente al consumo de subsistencia vigente e incorporando la clasificación climática (cálido húmedo, cálido seco, templado y frío) y las ciudades representativas:
 - Clima cálido húmedo: Barrancabermeja, Barranquilla y Cartagena de Indias
 - Clima cálido seco: Valledupar, Santa Marta, Riohacha, Montería, Sincelejo, Santiago de Cali y Neiva
 - Clima templado: Medellín e Ibagué
 - Clima frío: Bogotá
- Además, describir la evolución de estas diferencias entre 2019 y 2024.
- Construir y depurar una base de datos integrada con la información disponible en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, permitiendo el análisis para la estimación del consumo residencial urbano en las ciudades agrupadas por categoría climática.
- Realizar el análisis comparativo para las ciudades capitales incluidas por región climática, estimando la distancia entre los consumos observados y los valores de subsistencia para los estratos 1, 2 y 3 en cada grupo climático definido.
- Efectuar mediciones en sitio del consumo energético en hogares seleccionados en las ciudades definidas por categoría climática, registrando perfiles de uso, equipos presentes, horarios de operación y condiciones ambientales, con el fin de complementar y validar los resultados derivados del análisis de información secundaria, y presentar un avance preliminar por tipo de uso, equipo y tecnología.

3. Marco metodológico para las mediciones y encuestas de consumo de energía

Esta sección presenta el marco conceptual y los lineamientos generales utilizados para las mediciones de consumo eléctrico en hogares seleccionados de las distintas categorías climáticas. El protocolo detallado para la ejecución de las mediciones fue elaborado en el Producto 2 (Corpoema, 2025), se encuentra también en el Anexo 2. Protocolo de mediciones y encuestas. Por lo tanto, en esta sección se sintetizan únicamente los elementos centrales necesarios para dar continuidad metodológica al presente documento.

Para organizar el proceso de medición y estimación, los electrodomésticos medidos fueron seleccionados a partir de la tenencia de más del 50% en el consumo encontrado en la *Caracterización Energética del Sector Residencial Urbano y Rural en Colombia* (Corpoema y Consultores Unidos, 2012), los cuales se clasificaron según su comportamiento de demanda eléctrica. Algunos equipos presentan demanda constante de potencia, como televisores o luminarias; otros tienen demanda intermitente, como neveras cuyo compresor enciende y apaga por ciclos; y algunos registran demanda variable, como lavadoras que modifican su consumo según la fase del ciclo o el tipo de programa. Esta clasificación determina el método más adecuado para estimar su consumo.

En función de ello, se determinó medir el consumo en kWh/día para equipos de funcionamiento continuo (por ejemplo, las neveras), en kWh/ciclo para equipos con ciclos definidos (como las lavadoras), empleando la potencia demandada (W) para electrodomésticos cuya operación se registra en periodos cortos (como televisores y cafeteras).

El protocolo integra estas mediciones con la información recolectada mediante encuestas aplicadas en los hogares, incluyendo número de equipos, horas de uso, frecuencia de operación, prácticas de uso y características físicas del hogar. A partir de esta combinación, se estima el consumo mensual total del hogar como la suma de los consumos estimados por cada uno de los electrodomésticos registrados.

Finalmente, la metodología contempla un proceso de validación, el cual consiste en comparar el consumo mensual estimado con el consumo reportado en la factura del hogar. Un resultado se considera válido cuando la diferencia se encuentra dentro del rango de ± 10 %. Este rango permite absorber estas variaciones sin comprometer la precisión del análisis. De esta forma, este criterio garantiza consistencia entre la información primaria obtenida en campo y los consumos reales facturados, entregando confiabilidad de los análisis desarrollados para cada categoría climática en las secciones 4 a 7 del documento.

4. Análisis basado en información secundaria considerando categorías climáticas y consumo básico de subsistencia

El concepto de consumo básico de subsistencia está relacionado con los requerimientos mínimos que requiere una vivienda para mantener una estabilidad que permita a sus habitantes mantener un rango de consumo suficiente dentro del contexto en el que se localiza la vivienda.

De acuerdo con la información climática producida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el clima en Colombia se clasifica

principalmente mediante el sistema de pisos térmicos propuesto por Francisco José de Caldas, en el cual la altura sobre el nivel del mar y la temperatura media anual son los factores determinantes. En esta clasificación se distinguen cinco pisos térmicos: cálido (0-1.000 msnm), templado (1.000-2.000 msnm), frío (2.000-3.000 msnm), páramo (3.000-4.000 msnm) y glacial o nival (>4.000 msnm), cada uno con temperaturas medias decrecientes con la altitud.

Colombia, dado su carácter tropical, está influenciado por la humedad² por lo que el piso cálido se subdivide en “cálido seco” y “cálido húmedo” según se presenta en el Anexo 1 de la Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Para efectos de este análisis de demanda, se consideran los descriptores que se muestran en la Tabla 1. Relación de categorías climáticas, temperatura y altitud para el análisis de Demanda:

Tabla 1. Relación de categorías climáticas, temperatura y altitud para el análisis de Demanda

Tipo de clima	Temperatura (°C)	Altitud (msnm)	Ciudad representativa
Frio	12 – 18	2000 – 2999	Bogotá (2640m)
Templado	18 – 24	1000 – 1999	Medellín (1405m) e Ibagué (1168m)
Cálido seco	> 24: HR < 75%	< 1000	Santiago de Cali (926m) y Bucaramanga (950m)
Cálido húmedo	> 24: HR > 75%		Barranquilla (24m)

Fuente: Mapa de Clasificación del Clima en Colombia según la Temperatura y la Humedad Relativa y listado de municipios- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2024)

En general, se asume que el piso térmico Cálido siempre se encontrará por debajo de los 1000 metros de altura sobre el nivel del mar, el piso térmico templado estará entre 1000 y 2000 metros de altura sobre el nivel del mar y el frío, por encima de los 2000 metros de altura sobre el nivel del mar. Los pisos térmicos Páramo y Glacial se encuentran por encima de 3.000 metros de altura sobre el nivel del mar y no serán considerados en el presente análisis.

El estado colombiano, ha definido los consumos de subsistencia para el servicio público domiciliario de energía eléctrica en la zona interconectada (Resolución UPME 0355 de 2004) como se muestra en la siguiente lista, para dos caracterizaciones, relacionadas con la altura sobre el nivel del mar (msnm).

- Para alturas inferiores a 1000 msnm: 173 kWh/mes.
- Para alturas superiores a 1000 msnm: 130 kWh/mes.

En el presente documento, se presentan los hallazgos de consumo para algunas ciudades capitales, de acuerdo con un perfil específico, enfocado al consumo en la región de la Costa Atlántica y en particular, las ciudades capitales de ésta.

² se maneja aparte con la clasificación de Lang: desierto, árido, semiárido, semihúmedo, húmedo, súper húmedo

4.1. Conceptos clave

- **Estratificación:** la información utilizada se encuentra estratificada por zonas urbanas asociadas con los municipios, con los valores de estrato al que corresponde cada zona o vivienda. El número asociado con el estrato urbano tiene una relación directa entre el valor y el nivel de ingreso. Estos valores se asignan desde 1 a 6. En general, el análisis se concentra en los estratos 1, 2 y 3.
- **Energía consumida:** los consumos promedios se harán en kilovatios hora mes, es decir, la energía eléctrica promedio que consume cada suscriptor en cada mes.
- **Regulación aplicable:** todo el análisis se hará con base en los suscriptores residenciales urbanos regulados.
- **Estacionalidad:** mensual, sin otro tipo de restricción.
- **Suscriptores:** Persona natural o jurídica con la cual se ha celebrado un contrato de condiciones uniformes de servicios públicos.

4.2. Fuentes de información secundaria

Toda la información de consumos y número de suscriptores se descargó de la página del Sistema Único de Información – SUI de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios de la sección de Energía:

<https://sui.superservicios.gov.co/Reportes-del-Sector/Energia>

Se descargó la información de tres categorías rotuladas **Promedio de Consumo (kWh/Suscriptor)**, **Consumo total (kWh)** y **Numero de Suscriptores**.

De forma análoga, para gas por red la información se obtiene del portal O3:

<https://sui.superservicios.gov.co/Reportes-del-Sector/Gas-Natural>

En la herramienta se tiene la información que reportan los comercializadores de gas por red en tres categorías: gas licuado de petróleo GLP, gas natural comprimido GNC y gas natural GN.

Se descargó la información correspondiente al **Promedio de Consumo (kWh/Suscriptor)**, **Consumo total (kWh)** y **Numero de Suscriptores**.

El formato seleccionado para descargar la información fue CSV. Las columnas extraídas son las mismas para cada una de las tres categorías y se describen así:

- **Mes:** tipo de dato texto, incluye año.
- **Municipio:** tipo de dato texto.
- **Ubicación:** tipo de dato texto con dos valores: Rural y Urbano.
- **Residencial Bajo-Bajo:** tipo de dato texto, consumo del estrato 1.
- **Residencial Bajo:** tipo de dato texto, consumo del estrato 2.
- **Residencial Medio-Bajo:** tipo de dato texto, consumo del estrato 3.
- **Residencial Medio:** tipo de dato texto, consumo del estrato 4.
- **Residencial Medio-Alto:** tipo de dato texto, consumo del estrato 5.
- **Residencial Alto:** tipo de dato texto, consumo del estrato 6.

Para el análisis se utilizó también información complementaria para hacer un análisis de temperatura y se incluyeron los datos de consumo básico de subsistencia (CBS).

Las fuentes de información para temperatura se obtuvieron de IDEAM <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/> y de <https://www.weather-atlas.com/> y los

pisos térmicos para análisis de país del Anexo 2 de la Resolución 194 de 2025 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Los datos obtenidos de las fuentes de información se preprocesan para obtener la estructura necesaria que permita la construcción en un sistema de bases de datos relacional que permitan normalizar y ordenar de manera técnicamente apropiada para ampliar el enfoque analítico.

Los procesos detallados relacionados con la carga, depuración y extracción final se describen en detalle en el Anexo 1 de este documento. Sin embargo, se presenta una descripción general del procesamiento en el siguiente numeral.

4.3. Descripción general del procesamiento de la información secundaria

La creación de una base de datos permite que la información esté organizada en un único lugar para facilitar los análisis. La información se normaliza y se aplican los estándares de codificación, en particular la del DANE para los municipios objeto del contrato.

Mediante las herramientas de la RDBMS se desarrollan elementos para la detección de valores atípicos y, por otra parte, se crean consultas para revisar que los datos se ajusten a la realidad, o a lo que se espera de ella.

Con la información consolidada se procede a extraer una base de datos para trabajar en MS Excel, que permita ser operada para la generación de gráficas parametrizadas. De acuerdo con los requerimientos y filtros necesarios para el análisis tanto general, como específico en un número variado de alternativas. El modelo desarrollado se adjunta, de tal manera que la UPME pueda observar con tanto detalle cómo se requiera.

Los archivos Ms Excel diseñados son:

- **ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx** con información de energía eléctrica
- **ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsx** con información de energía eléctrica

Las gráficas que se presentan en el informe son generadas por las facilidades construidas en los archivos, pero adicionalmente, estos contienen algunas que se desarrollaron para análisis puntuales.

5. Usos de la energía en el sector residencial y sus equipos asociados

A continuación se presentan las definiciones de los usos de la energía en el sector residencial considerados para este informe, de acuerdo con los definidos en el *Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Pérdidas Energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética* (Corpoema; IREES y TEP, 2019); y *Total Energy Demand in the residential sector, by end-use, advanced economies and emerging economies* (IEA, 2025). Esta clasificación será de empleada para el presente informe en tanto que permite clasificar los consumos de energía de acuerdo con su uso. Las categorías responden a la funcionalidad predominante de los equipos y a su contribución dentro del consumo total del hogar.

Calentamiento de agua: incluye duchas y sistemas eléctricos de paso, acumulación y termostatos. Su demanda depende de la eficiencia del equipo, la duración y frecuencia de uso y el número de ocupantes del hogar.

Calor directo: considera equipos de alta potencia empleados en la preparación de alimentos y tareas domésticas específicas, como estufas, freidoras de aire, hornos eléctricos y planchas. Se caracterizan por consumos intensivos en intervalos cortos de operación.

Climatización: agrupa tecnologías destinadas a regular las condiciones térmicas y de ventilación en la vivienda, tales como aires acondicionados, calefactores y ventiladores mecánicos. Su consumo está influenciado por el clima, las características constructivas de la edificación y los patrones de uso.

Dispositivos electrónicos: comprende equipos de entretenimiento, comunicación y conectividad. Considera tanto el consumo en operación como la energía asociada al modo de espera, que contribuye a una demanda continua dentro del hogar.

Fuerza motriz: corresponde a los equipos que convierten energía eléctrica en trabajo mecánico para tareas domésticas. Incluye lavadoras y pequeños electrodomésticos de accionamiento rotacional, como licuadoras, batidoras y procesadores de alimentos. Su demanda depende de la potencia, la tecnología y la frecuencia de utilización.

Iluminación: incluye luminarias LED, fluorescentes y convencionales empleadas en espacios interiores y exteriores.

Refrigeración: comprende neveras y congeladores de operación continua. Su consumo está determinado por la eficiencia energética, antigüedad del equipo, nivel de ocupación y frecuencia de apertura de puertas.

Otros usos: agrupa equipos secundarios u ocasionales como secadores de cabello, equipos médicos, purificadores y otros dispositivos especializados, que presentan consumos intermitentes y dependen de necesidades particulares del hogar.

6. Metodología para la estimación del consumo de energía en el sector residencial urbano de Colombia

La estimación del consumo de energía eléctrica en el sector residencial urbano de Colombia se fundamenta en una metodología de tipo mixto que integra información secundaria de carácter estadístico oficial con información primaria obtenida a partir de mediciones directas de consumo energético y encuestas aplicadas a hogares seleccionados mediante un diseño no probabilístico por cuotas.

Dado el carácter no probabilístico y sesgado de la muestra, la metodología no busca inferencia estadística a nivel poblacional, sino una estimación técnica del consumo por usos y equipos apoyada en fuentes oficiales y en la coherencia observada con las mediciones en campo. Este enfoque permite combinar la representatividad estadística de las fuentes oficiales en cuanto a la disponibilidad de electrodomésticos, como es el caso de la información de la Encuesta de Calidad de Vida del DANE, con el nivel de detalle técnico asociado al consumo real de los equipos eléctricos, garantizando consistencia, trazabilidad y aplicabilidad de los resultados para la formulación de políticas públicas energéticas.

La metodología pone un énfasis particular en la Región Caribe Colombiana, debido a sus elevados consumos energéticos residenciales y sus condiciones climáticas cálidas.

La metodología se estructura en dos componentes principales: (i) la caracterización del uso y la tenencia de electrodomésticos a partir de fuentes secundarias, y (ii) la estimación del consumo energético mediante la integración de dicha información con los resultados de las

mediciones y encuestas energéticas realizadas en campo, diferenciando por ciudad, estrato socioeconómico y categoría climática.

La caracterización del sector residencial urbano se realiza a partir del análisis de la información de uso y tenencia de electrodomésticos proveniente de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) 2024 del DANE. Esta encuesta constituye la principal fuente oficial y estadísticamente representativa para identificar la penetración de los distintos equipos eléctricos en los hogares urbanos, las diferencias en tenencia por municipio, estrato socioeconómico y región, así como su nivel de utilización reportado.

La información de la ECV se utiliza como base para establecer la cobertura de los principales electrodomésticos por ciudad, permitiendo identificar diferencias territoriales en el acceso a equipos de climatización, refrigeración, lavado, entretenimiento y dispositivos electrónicos.

Esta etapa metodológica no tiene como objetivo estimar directamente el consumo de energía, sino definir el universo de equipos presentes en los hogares y su nivel de uso declarado, información que resulta fundamental para la extrapolación de los consumos unitarios medidos. Dado que la ECV cuenta con representatividad estadística a nivel urbano y por estrato, sus resultados permiten construir factores consistentes que vinculan los consumos observados en las mediciones primarias con el total de hogares de cada ciudad y categoría climática, en otras palabras, este mecanismo de extrapolación permite vincular los consumos unitarios medidos en campo con el conjunto de hogares urbanos, diferenciando por ciudad, estrato socioeconómico y categoría climática.

6.1. Etapas en la metodología de estimación

La estimación del consumo de energía eléctrica en el sector residencial urbano se realiza mediante la integración de la información de uso y tenencia de electrodomésticos proveniente de la ECV 2024 con los resultados de las mediciones directas de consumo energético y las encuestas energéticas aplicadas a los hogares. Este enfoque permite combinar la representatividad estadística de la encuesta oficial con la precisión técnica de los consumos medidos por equipo.

En una primera etapa, a partir de las mediciones realizadas, se caracterizan los principales electrodomésticos presentes en los hogares, identificando para cada uno su consumo mensual (kWh/mes), perfiles horarios de uso, duración promedio de operación y patrones de variación temporal de consumo. Con base en esta información se estiman consumos por equipo individual, expresados en kWh/mes por hogar, diferenciando por estrato socioeconómico y ciudad.

De manera complementaria, las encuestas energéticas aplicadas permiten caracterizar los hábitos de uso de los equipos, la frecuencia de operación, la simultaneidad entre distintos electrodomésticos. Este cruce de información contribuye a reducir sesgos asociados a la medición puntual y a mejorar la robustez de los consumos estimados.

En una segunda etapa, la información de tenencia y uso de electrodomésticos de la ECV 2024 se emplea para determinar la penetración de cada equipo en el universo de hogares urbanos. La extrapolación del consumo energético no se basa en factores de expansión estadística en sentido estricto, dado el carácter no probabilístico de la muestra primaria. En su lugar, se emplea una estrategia de ponderación energética estructural. Los porcentajes de tenencia se utilizan como factores de ponderación para escalar los consumos unitarios medidos, permitiendo estimar el consumo agregado por tipo de electrodoméstico en cada ciudad y categoría climática.

La estimación del consumo total residencial se obtiene mediante la agregación del consumo por equipo, ponderado por su nivel de tenencia y uso, lo que permite desagregar el consumo total en función de los principales usos energéticos. Esta desagregación facilita la identificación de los equipos con mayor contribución al consumo y de aquellos con mayor potencial de eficiencia energética. Como ejemplo:

Consumo equipo = (Consumo unitario medido) × (proporción de hogares con el equipo)

Este procedimiento se aplica de manera diferenciada por ciudad y categoría climática, lo cual permite capturar las particularidades del consumo en la Región Caribe frente a otras regiones del país.

Finalmente, los resultados son consolidados por ciudad, estrato socioeconómico y categoría climática, permitiendo la construcción de perfiles de consumo residencial urbano que sirven como insumo técnico para la evaluación de medidas de eficiencia energética, la gestión de la demanda y el análisis de impactos regulatorios en el marco de la planificación energética nacional. Adicionalmente, los resultados se contrastan con series históricas de consumo residencial urbano y estudios sectoriales previos, de manera que si bien la muestra primaria no es representativa en sentido estadístico, la integración sistemática de información oficial representativa y las mediciones directas permite construir una estimación técnica robusta del consumo energético residencial, particularmente orientada a comprender los patrones de uso y consumo en contextos urbanos y climáticamente exigentes como los de la Región Caribe Colombiana.

7. Estimación del consumo de energía en el sector residencial urbano de Colombia para clima cálido húmedo: Barranquilla, Barrancabermeja y Cartagena de Indias

7.1. Caracterización socioeconómica y de usos de energía a partir de fuentes secundarias

La caracterización socioeconómica del sector residencial urbano se realiza a partir de un análisis de información secundaria que incluye la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) 2024, con el fin de identificar las condiciones de vida de los hogares urbanos en Colombia. Para el clima cálido húmedo, se toma como referencia los hogares en las ciudades de Barranquilla, Barrancabermeja y Cartagena.

7.1.1. Tamaño de los hogares

Para 2024, el tamaño promedio de los hogares en Colombia fue de 2,86 personas. El departamento del Atlántico se ubicó entre los departamentos con mayor tamaño promedio de hogar, ascendiendo a 3,52 personas.

En el caso del departamento de Bolívar, este registró un promedio de 3,22 personas por hogar, sin embargo, en los hogares periféricos de Cartagena tienden a ser más grandes, conformados por 4 o más miembros. En los sectores turísticos y de clase media los hogares tienden a ser más pequeños.

En Barrancabermeja por otro lado, el promedio de personas por hogar se encuentra entre 3,1 y 3,3 personas por hogar, sin embargo, en la ciudad los hogares suelen ser más extensos por dinámicas laborales ligadas al sector petrolero.

7.1.2. Escolaridad y capital humano

La ECV (2024) muestra que, en promedio, el nivel de escolaridad en Colombia alcanzó los 9,6 años de estudio, lo anterior equivale a haber completado la secundaria básica. Sin embargo, las diferencias entre ciudades como Barranquilla, Cartagena y Barrancabermeja reflejan desigualdades que condicionan las oportunidades de empleo y el acceso a mejores ingresos.

En Barranquilla se evidencia una mayor cobertura educativa principalmente en los jóvenes. El promedio de escolaridad en el Atlántico se ubica en 9,8 años, ubicándose por encima del promedio nacional. Además, se evidencia un capital humano más competitivo en sectores de servicios, comercio y tecnología, permitiendo una reducción significativa en la pobreza multidimensional registrada en 2024.

En Cartagena el promedio de escolaridad alcanza 9,1 años, sin embargo, se evidencian brechas significativas, pues en el sector turístico y la clase media se presenta un mayor acceso a la educación superior, mientras que en los barrios periféricos y populares persiste la deserción escolar teniendo en cuenta la necesidad de trabajar desde edades tempranas, la falta de infraestructura educativa en zonas marginales y las brechas de género.

Finalmente, en Barrancabermeja, el promedio de escolaridad es de 9,4 años, sin embargo, en la ciudad petrolera las tasas de deserción en secundaria son más altas que en Barranquilla y Cartagena.

7.1.3. Pobreza monetaria

En términos de pobreza monetaria, Barranquilla presenta un índice de 29,7%, representando una reducción sostenida en los niveles de pobreza gracias a la diversificación económica en comercio y servicios, lo que se refleja en una mayor capacidad de los hogares para cubrir sus necesidades básicas.

En Cartagena, la pobreza extrema descendió de 14,4% en 2023 a 13,2% en 2024, asociados principalmente a los ingresos generados por el turismo y la actividad portuaria. Finalmente, Barrancabermeja más de 57.000 personas se encontraban en condición de pobreza monetaria en 2024, debido principalmente a la dependencia al sector petrolero y las altas tasas de informalidad laboral.

7.1.4. Índice de Pobreza multidimensional (IPM)

El IPM mide las limitaciones que enfrentan los hogares en aspectos como educación, salud, empleo, vivienda y acceso a servicios públicos. Para 2024, el IPM en Colombia se ubicaba en el 11,5%.

Barranquilla es una de las ciudades con mayor avance en la reducción de la pobreza multidimensional. El departamento del Atlántico pasó de un IPM de 12% en 2023 a 9,5% en 2024, reflejando mejoras en el acceso a educación, servicios públicos y condiciones de vivienda.

En Cartagena, la pobreza multidimensional es un reto estructural, aun cuando el IPM paso de 14,4% en 2023 a 13,2% en 2024, este aún se mantiene elevado en barrios periféricos y populares. Lo anterior está relacionado a limitaciones en el acceso a agua potable y saneamiento, la informalidad laboral y las brechas educativas.

Finalmente, en Barrancabermeja se identifica un IPM que pasó de 11% en 2023 a 12% en 2024, debido principalmente a la dependencia económica del sector extractivo.

7.1.5. Tenencia y uso de equipos

El clima cálido-húmedo se caracteriza por temperaturas elevadas y altos niveles de humedad relativa, condiciones que inciden de manera directa en las estrategias domésticas de climatización y en los patrones de consumo energético del sector residencial. En este contexto, la tenencia y uso de electrodomésticos no solo reflejan necesidades climáticas, sino también diferencias socioeconómicas, capacidades de acceso y prioridades del gasto de los hogares. La siguiente tabla presenta el uso y tenencia de equipos seleccionados para esta categoría climática, diferenciando entre el total departamental y las cabeceras, con el fin de identificar patrones de equipamiento y contrastes territoriales que permitan sustentar el análisis socioeconómico y energético desarrollado a continuación.

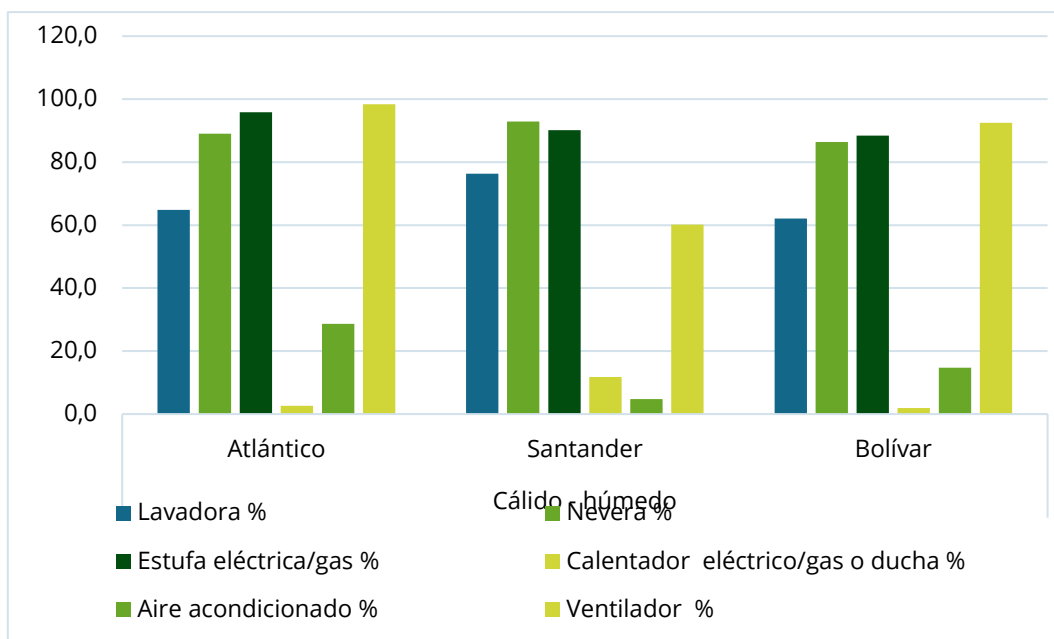
Tabla 2. Uso y tenencia de electrodomésticos en hogares de clima cálido-húmedo, total departamental y cabeceras

Departamento	Área	Lavadora		Nevera		Estufa eléctrica/gas		Calentador eléctrico/gas o ducha		Aire acondicionado		Ventilador o abanico	
		Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Atlántico	Total	530	64,9	727	89,0	783	95,9	21	2,6	235	28,7	804	98,4
	Cabecera	510	65,6	697	89,7	750	96,6	21	2,7	231	29,8	765	98,5
Santander	Total	627	76,3	763	92,9	741	90,2	97	11,8	39	4,8	494	60,2
	Cabecera	528	81,9	606	94,0	608	94,3	93	14,4	38	5,8	435	67,5
Bolívar	Total	441	62,1	613	86,4	628	88,4	14	1,9	105	14,8	657	92,5
	Cabecera	362	69,0	475	90,5	499	95,2	11	2,2	100	19,0	499	95,1

Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura presenta el porcentaje total de uso y tenencia de equipos en clima cálido - húmedo para los departamentos de Atlántico, Santander y Bolívar.

Figura 1. Uso y tenencia de electrodomésticos en hogares de clima cálido- húmedo



Fuente: Elaboración propia

En el clima cálido-húmedo, los datos muestran que la adaptación doméstica al clima se construye bajo restricciones económicas claras, lo que limita la incorporación de equipos de alto consumo energético. Aunque Atlántico registra la mayor presencia de aire acondicionado dentro de esta categoría climática, su cobertura sigue siendo minoritaria (28,7 % del total de hogares y 29,8 % en cabeceras). Bolívar presenta niveles aún más bajos (14,8 % total y 19,0 % cabecera), mientras que Santander apenas alcanza 4,8 % en el total de hogares y 5,8 % en cabeceras. Estos valores confirman que el aire acondicionado no constituye una solución generalizada, sino que se considera como un bien selectivo asociado a segmentos específicos de la población urbana.

En contraste, el ventilador se consolida como el principal mecanismo de regulación térmica. Atlántico alcanza una cobertura prácticamente universal, con 98,4 % de los hogares y 98,5 % en cabeceras. Bolívar presenta valores igualmente elevados (92,5 % total y 95,1 % cabecera). Santander, aunque registra una menor cobertura relativa, mantiene una presencia significativa (60,2 % total y 67,5 % cabecera). La distribución anterior evidencia que los hogares priorizan electrodomésticos de bajo costo de adquisición y operación, compatibles con su nivel de presupuesto.

La estufa eléctrica o de gas presenta niveles de tenencia elevados en los tres departamentos, consolidándose como un equipo esencial e independiente de las condiciones climáticas. Atlántico alcanza coberturas superiores al 95 % tanto en el total de hogares como en cabeceras, mientras que Santander registra 90,2 % en el total y 94,3 % en cabeceras. Bolívar, aunque presenta un valor ligeramente inferior en el total de hogares (88,4 %), supera el 95 % en cabeceras.

La nevera o refrigerador presenta una cobertura mayoritaria en todos los departamentos de la categoría climática. Santander lidera con 92,9 % del total de hogares y 94,0 % en cabeceras, seguido por Atlántico (89,0 % total; 89,7 % cabecera) y Bolívar (86,4 % total; 90,5 % cabecera). De manera que la refrigeración se ha incorporado como un bien estructural del hogar, indispensable para la gestión del consumo alimentario.

La lavadora de ropa muestra una distribución más heterogénea. Mientras Santander alcanza una cobertura elevada (76,3 % total y 81,9 % en cabeceras), Atlántico (64,9 %) y Bolívar (62,1 %) presentan niveles más moderados. Esta variación muestra las diferencias en la capacidad de inversión de los hogares y en la disponibilidad de servicios domiciliarios como el agua.

Finalmente, el calentador de agua registra valores marginales en todos los casos, con coberturas inferiores al 12 %, e incluso cercanas a cero en Bolívar (1,9 % total y 2,2 % cabecera). Esta baja presencia confirma que, en esta categoría climática, el uso de agua caliente no se traduce en demanda efectiva de equipamiento.

7.2. Análisis de la serie 2019–2024 de Consumos de Energía Eléctrica en Relación con el Consumo Básico de Subsistencia (CBS)

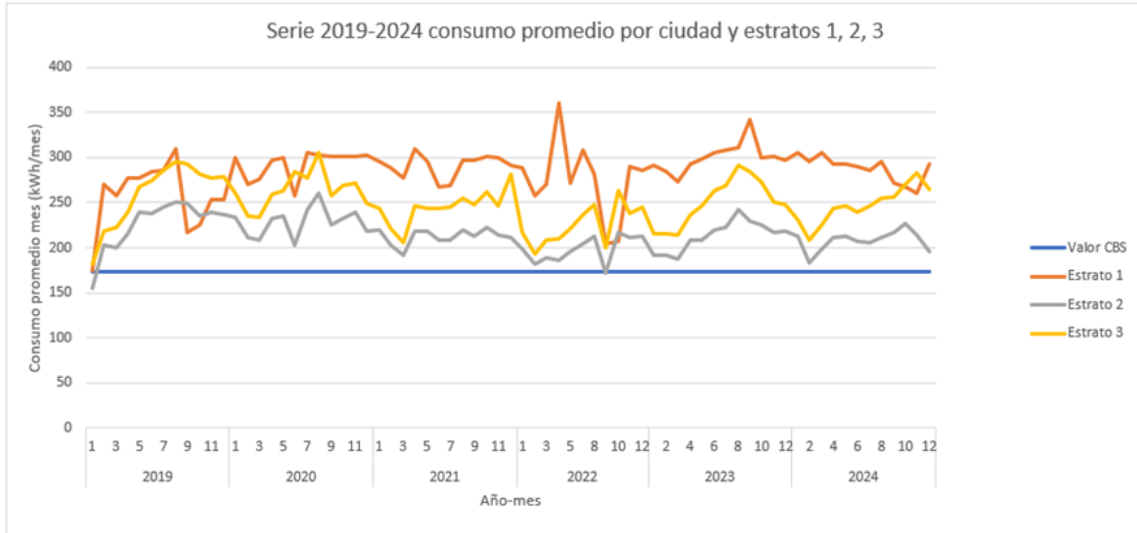
Las siguientes figuras presentan las series para Barranquilla, Riohacha y Barrancabermeja, desde 2019 hasta 2024.

Esta información nos muestra:

1. Barranquilla y Cartagena están siempre por encima del consumo de subsistencia, en los tres estratos analizados, Mientras que el comportamiento de Barrancabermeja es diferente, dado que el estrato uno oscila durante 2020 y 2021 para caer

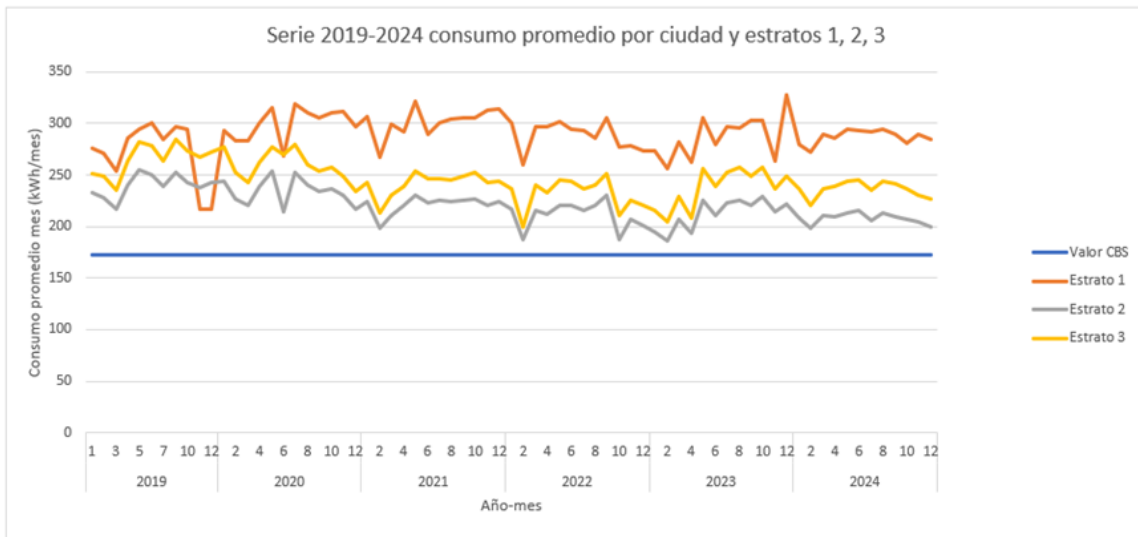
posteriormente y estar siempre por debajo del consumo de subsistencia. Los estratos dos y tres tienen un comportamiento similar en las tres ciudades.

Figura 2. Consumo promedio de energía eléctrica – Barranquilla (2019 – 2024)



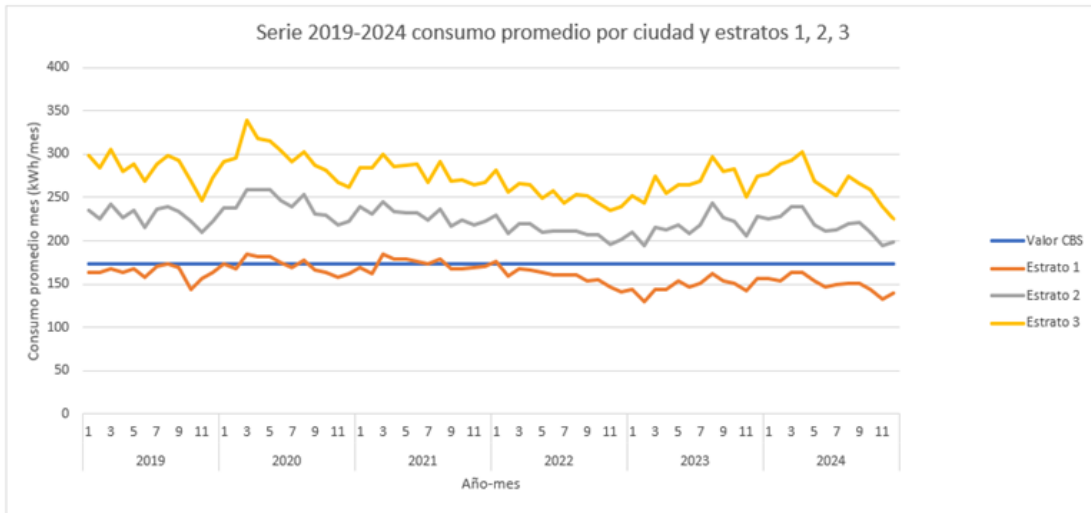
Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores-EE.xlsx con información recopilada del SUI (2025)

Figura 3. Consumo promedio de energía eléctrica – Cartagena (2019 – 2024)



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores-EE.xlsx con información recopilada del SUI (2025)

Figura 4. Consumo promedio de energía eléctrica – Barrancabermeja (2019 – 2024)



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores-EE.xlsx realizada con información recopilada del SUI (2025)

2. Barranquilla y Cartagena mantienen un consumo en estrato uno, superior al de los estratos dos y tres. Es muy conveniente tratar de analizar las causas de ese comportamiento y buscar las condiciones específicas, puesto que esto puede considerarse anómalo. Los estratos dos y tres, por otra parte, muestran los comportamientos habituales, es decir que el estrato dos tiende a consumir menos que el estrato tres en las tres ciudades consideradas. Barrancabermeja, muestra un comportamiento esperado, tanto en los niveles de consumo, como en la magnitud de los valores.
3. Los promedios de Barranquilla y Cartagena de Indias para el estrato 1 se asemejan al consumo del estrato tres en Barrancabermeja.
4. Finalmente se observa que el caso general es que los estratos dos y tres están, por encima del consumo básico de subsistencia en las tres ciudades analizadas.

7.3. Consumo de energía eléctrica

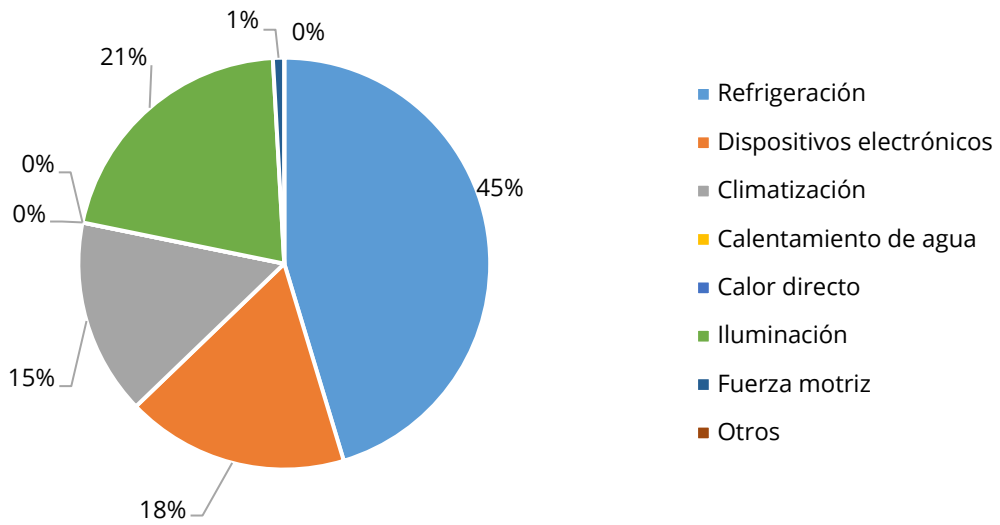
Para complementar el análisis histórico frente al Consumo Básico de Subsistencia (CBS), esta sección presentará los resultados del consumo eléctrico estimado a partir de la metodología definida para el proyecto.

7.3.1. Mediciones

Para el caso de Barranquilla se ha encontrado que en estrato 1, el consumo mensual de energía eléctrica presenta una marcada concentración en el uso de climatización, con un consumo de 391 kWh/mes, lo que representa aproximadamente 73,6 % del consumo total del hogar. En un segundo nivel de participación se ubican los dispositivos electrónicos, con 59 kWh/mes (11,1 %), y la refrigeración, con 57 kWh/mes (10,7 %), los cuales corresponden a usos permanentes y de alta frecuencia. Los demás usos presentan participaciones marginales dentro del balance energético del hogar: calor directo registra 12 kWh/mes (2,2 %), iluminación alcanza 11 kWh/mes (2,1 %) y fuerza motriz 3 kWh/mes (0,5 %). No se identifica consumo asociado al calentamiento de agua ni a la categoría otros, lo que

evidencia una fuerte dependencia del consumo eléctrico en equipos de climatización, característica típica de viviendas de estratos bajos ubicadas en zonas de clima cálido.

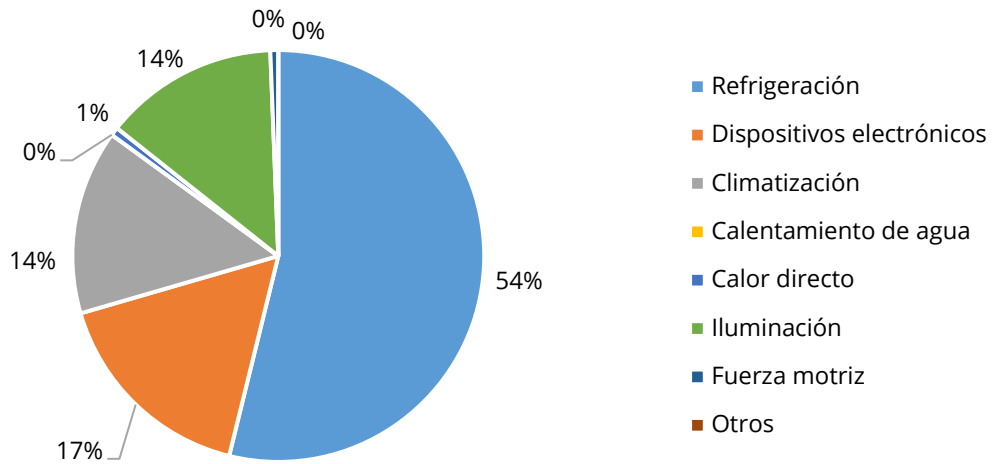
Figura 5. Uso de la energía medido en Barranquilla - estrato 1



Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

Para el caso de Cartagena, el consumo de estrato 1 en Cartagena se encuentra entre 20 y 245 kWh/mes. La refrigeración constituye el principal uso de la energía, cuyos consumos varían de 0 y 144,2 kWh/mes, asociado a que hay hogares que no tienen neveras y hogares que tienen equipos ineficientes. La iluminación alcanza 66,5 kWh/mes, equivalente al 20,9 %, debido a la presencia de bombillos ahorradores de potencias elevadas (20-50 W) en algunos hogares. La climatización, principalmente por el uso de ventiladores, registra entre 13,3 y 33,6 kWh/mes, correspondiente al 15,4 % del consumo. Por su parte, los dispositivos electrónicos suman entre 13,0 y 42,5 kWh/mes, lo que representa aproximadamente el 17,5 %, asociados al uso de televisores, routers y carga de dispositivos móviles. Finalmente, la fuerza motriz presenta una participación marginal de 2,8 kWh/mes (0,9 %) con el uso de lavadoras y licuadoras. No se identifica consumo asociado a calentamiento de agua ni a otros usos, lo que evidencia que, incluso en estrato 1, el consumo eléctrico se concentra en usos básicos y de climatización.

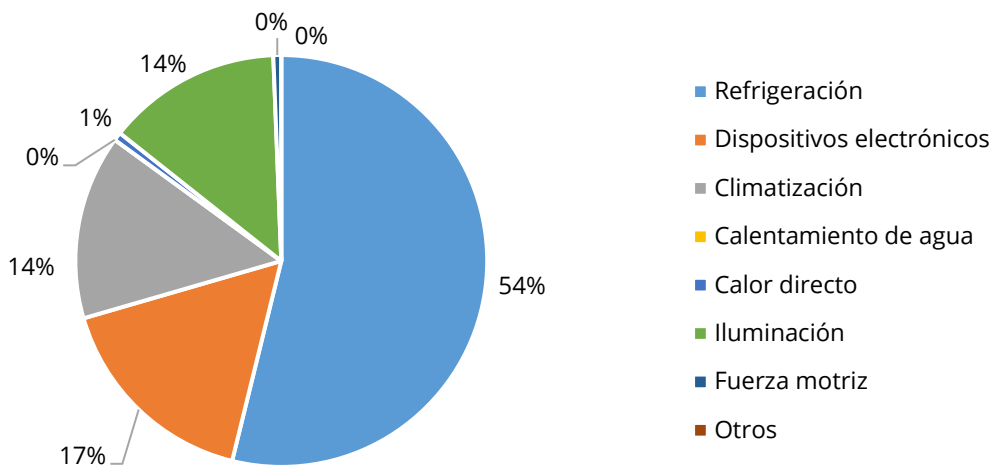
Figura 6. Uso de la energía medido en Cartagena - estrato 1



Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

En el estrato 2, el consumo mensual consolidado se encuentra entre 180 y 201 kWh/mes, reflejando una estructura de usos energéticos diversificada. La refrigeración constituye el uso más relevante, con consumos que varían entre 45,3 y 160,4 kWh/mes, reflejando la presencia de dispositivos eficientes e ineficientes. La climatización, asociada principalmente al uso de ventiladores, registra consumos en un rango de 8,4 a 47,0 kWh/mes, evidenciando distintos niveles de uso de estos equipos. Los dispositivos electrónicos presentan una alta dispersión, con consumos que oscilan entre 1,3 y 62,4 kWh/mes, asociados a la presencia y uso de televisores, equipos de audio, routers y dispositivos móviles. La iluminación alcanza valores entre 6,0 y 46,3 kWh/mes, debido al uso de luminarias de alto consumo en algunos hogares. Finalmente, los usos de calor directo y fuerza motriz presentan consumos marginales, con rangos entre 0 y 2,5 kWh/mes y 0 a 2,4 kWh/mes, respectivamente. En conjunto, estos intervalos evidencian la heterogeneidad del consumo energético residencial dentro del estrato 2, aun bajo condiciones climáticas similares.

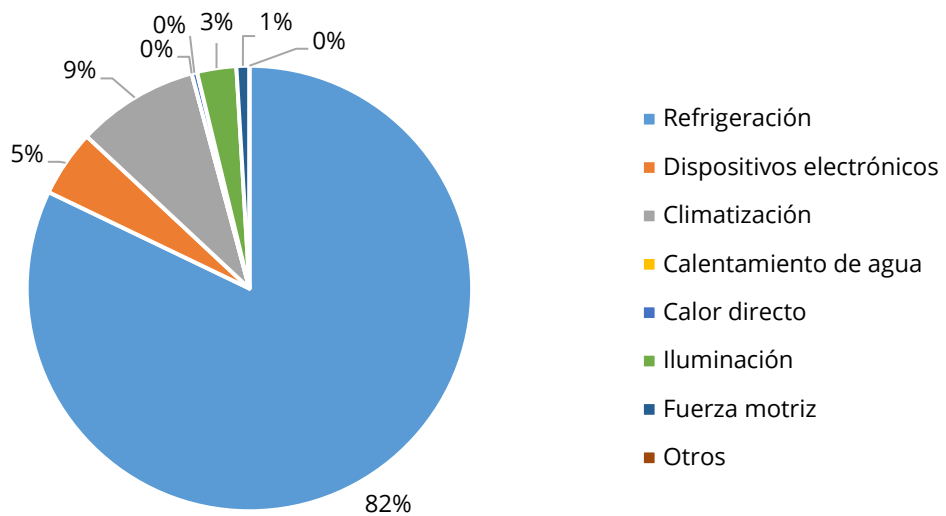
Figura 7. Uso de la energía medido en Cartagena - estrato 2



Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

El consumo mensual del estrato 3 en Cartagena presenta una alta concentración en un único uso energético, como se aprecia en la Figura 8. La refrigeración domina el balance con 207,9 kWh/mes, lo que representa aproximadamente el 82,1 % del consumo total, asociado a la presencia de neveras viejas e ineficientes. La climatización, vinculada al uso de ventiladores, alcanza 22,4 kWh/mes, equivalente al 8,9 %. Los dispositivos electrónicos suman 12,3 kWh/mes, correspondientes al 4,8 %, mientras que la iluminación representa 7,2 kWh/mes (2,8 %). La fuerza motriz y el calor directo presentan participaciones marginales de 0,9 % y 0,4 %, respectivamente. Este comportamiento confirma que, incluso en estratos medios, el consumo residencial en Cartagena está fuertemente determinado por la refrigeración, con una contribución secundaria de la climatización.

Figura 8. Uso de la energía medido en Cartagena - estrato 3



Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

7.4. Consumo de gas por red

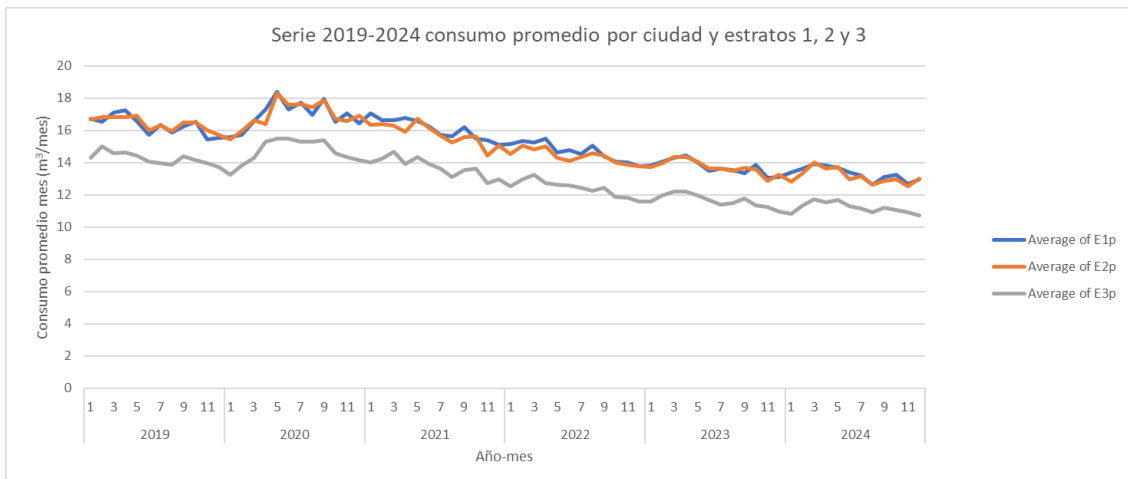
Para este análisis se presentan las tendencias del consumo en el periodo entre 2019 y 2024, de acuerdo con los objetivos planteados.

Aparecerán en su orden las figuras relacionadas con los consumos para los estratos uno, dos y tres.

De estas gráficas se puede observar lo siguiente:

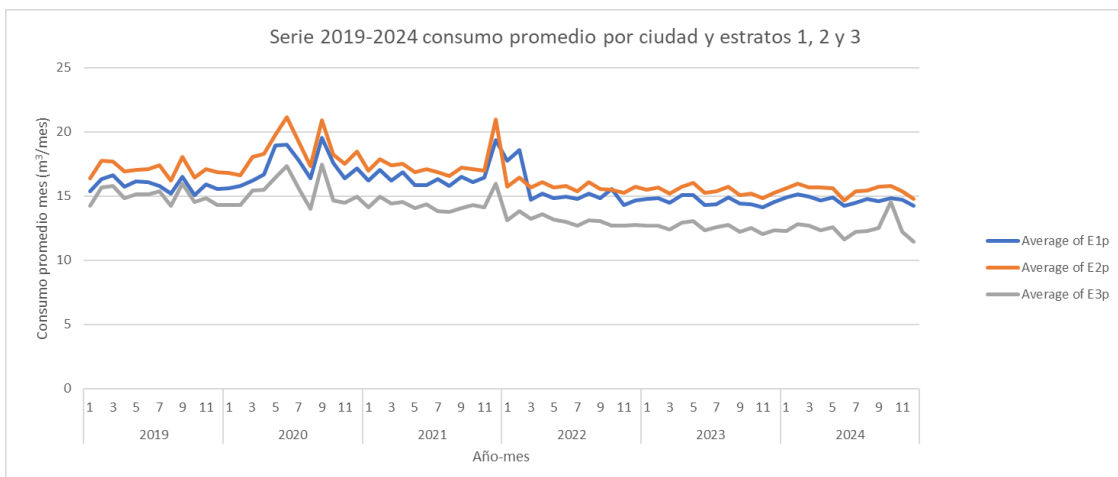
1. El consumo promedio de gas natural en Barranquilla es superior en los estratos uno y dos, que en el tres.

Figura 9. Consumo promedio de gas – Barranquilla (2019 – 2024)



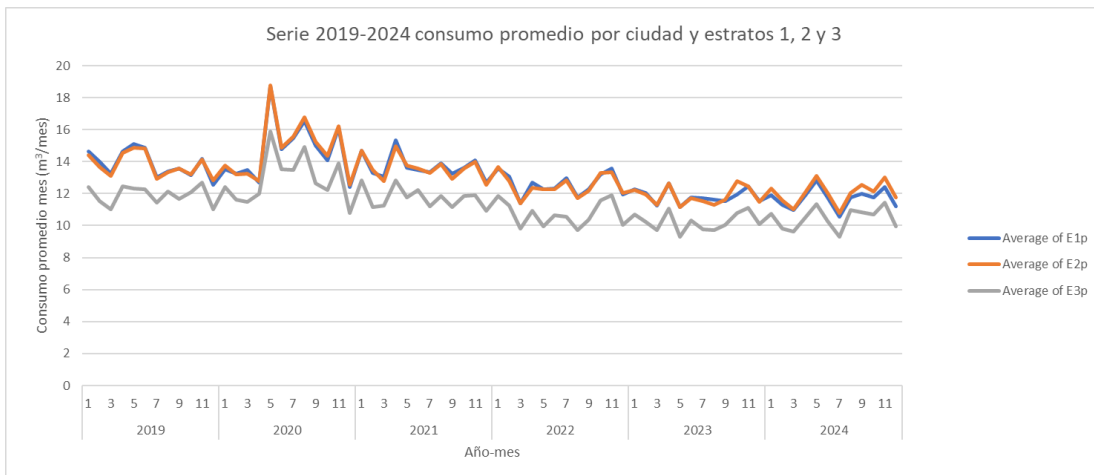
Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm realizado con información recopilada del SUI (2025)

Figura 10. Consumo promedio de gas – Cartagena (2019 – 2024)



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm realizado con información recopilada del SUI (2025)

Figura 11. Serie 2019 – 2024 consumo de gas en Barrancabermeja



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm realizado con información recopilada del SUI (2025)

2. El consumo promedio para los estratos uno y dos es siempre superior al correspondiente en el estrato tres para las tres ciudades del grupo.
3. En el inicio del año 2020 se ve un claro incremento del consumo promedio en los tres estratos, alcanzando un pico mensual por encima de 18 metros cúbicos, para los estratos uno y dos, y por encima de 15 metros cúbicos para el estrato tres, al inicio de la pandemia para Barranquilla. El comportamiento en Cartagena es menos continuo, pero la tendencia es similar en términos de incremento para 2020. En Cartagena, los niveles promedio se incrementan al final del año 2021. El consumo promedio de Barrancabermeja muestra un salto cuantitativo similar al de los otros casos.
4. Durante el año 2020, el consumo se mantiene en niveles promedio altos, hasta el mes de octubre, momento en el que la tendencia del consumo promedio empieza a decaer hasta el final del año 2024, en los tres estratos, para Barranquilla y Cartagena; Barrancabermeja decae por debajo de 2019, pero su tendencia es a la estabilidad, a partir de 2022.
5. Las tendencias de los consumos promedio son muy cercanas para los estratos uno y dos, presentando coincidencia evidente, tanto en los volúmenes promedio, como en las formas. El estrato tres, por otra parte, muestra un consumo promedio menor, pero la forma es notablemente cercana. Tanto en Barranquilla, como en Cartagena, las curvas de los tres estratos muestran tendencias casi idénticas, durante todo el periodo analizado. En Barrancabermeja se mantienen las formas durante todo el periodo.

8. Estimación del consumo de energía en el sector residencial urbano de Colombia para clima cálido seco: Valledupar, Santa Marta, Riohacha, Montería, Sincelejo, Santiago de Cali y Neiva

8.1. Caracterización socioeconómica y de usos de energía a partir de fuentes secundarias

La caracterización socioeconómica del sector residencial urbano se realiza a partir de un análisis de información secundaria que incluye la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) 2024, con el fin de identificar las condiciones de vida de los hogares urbanos en Colombia. Para el clima seco, se toma como referencia los hogares en las ciudades de Valledupar, Santa Marta, Riohacha, Montería, Sincelejo, Santiago de Cali y Neiva.

8.1.1. Tamaño de los hogares

Para 2024, el tamaño promedio de los hogares en Colombia fue de 2,86 personas. En las zonas de clima cálido seco, este indicador se sitúa entre 2,9 y 3,6 personas por hogar.

A nivel departamental, se observan diferencias relevantes. En Cesar, el tamaño promedio del hogar es de 3,2 personas, con un promedio de 3,1 en la cabecera municipal y 3,3 en centros poblados y áreas rurales dispersas. Magdalena presenta uno de los tamaños promedio más altos, con 3,4 personas por hogar.

En La Guajira, el promedio es de 3,1 personas por hogar, mientras que en Valle del Cauca es de 2,9, sin diferencias significativas entre la cabecera y el resto del territorio. Por su parte, Huila y Córdoba registran un promedio de 3,0 personas, con valores ligeramente menores en cabecera con 2,9 hogares por persona y superiores en zonas rurales con 3,1. Finalmente, Sucre presenta un tamaño promedio de 3,3 personas por hogar.

8.1.2. Escolaridad y capital humano

En general, los años promedio de educación en las zonas con clima cálido seco se ubican por debajo del promedio nacional, que alcanza 9,6 años de estudio. Departamentos como Valle del Cauca presentan los niveles más altos de escolaridad con un promedio de 8,8 años, seguido por Cesar con 7,8 años, Magdalena 7,6 años y Huila 7,4 años. En contraste, La Guajira registra el menor promedio de años de educación con 6,6 años, evidenciando rezagos importantes en la acumulación de capital humano.

Desagregando entre cabeceras municipales y centros poblados y rural disperso se observa una brecha persistente. En todos los departamentos, la población residente en cabeceras alcanza mayores niveles de escolaridad, superando en varios casos los 8 años promedio, mientras que en las zonas rurales los promedios oscilan entre 5 y 7 años. Esta situación es particularmente marcada en departamentos como La Guajira, Cesar, Sucre y Córdoba, donde la diferencia entre áreas urbanas y rurales supera los dos años de estudio, lo cual limita las oportunidades de desarrollo productivo y social en los territorios rurales.

La población entre 25 y 34 años registra los mayores promedios de años de educación entre 9 y 11 años, especialmente en las cabeceras municipales, lo que indica una mayor cobertura del sistema educativo en décadas recientes. En contraste, el grupo de 35 años y más presenta menores niveles de escolaridad, reflejando condiciones históricas de menor acceso a la educación formal y mayores tasas de deserción escolar.

En los grupos de 5 a 14 años, los años promedio de educación son aún bajos debido al ciclo vital, aunque se observa una tendencia consistente de asistencia escolar. No obstante, en las zonas rurales los promedios siguen siendo inferiores, lo que sugiere la persistencia de barreras asociadas a la disponibilidad de infraestructura educativa, dispersión poblacional y condiciones socioeconómicas desfavorables.

8.1.3. Pobreza monetaria

A nivel nacional, la incidencia de pobreza monetaria se sitúa en 31,8 %. Por su parte, La Guajira presenta el mayor nivel de pobreza monetaria, con un 65,7 %, duplicando ampliamente el promedio nacional, lo que refleja una situación socioeconómica particularmente crítica. De manera similar, Sucre con 57,5 % y Magdalena con 51,7 % registran incidencias significativamente superiores a la media nacional, lo que pone de manifiesto altas condiciones de vulnerabilidad económica en estos territorios.

Por su parte, Córdoba cuyo valor es 49,6 % y Cesar con 47,8 % también superan de forma considerable el promedio nacional, indicando que cerca de la mitad de su población se encuentra en situación de pobreza monetaria. El departamento de Huila tiene un 40,4 % mantiene igualmente una proporción elevada, lo que refleja la persistencia de importantes desafíos socioeconómicos en estos territorios.

Por su parte, Valle del Cauca registra una incidencia de pobreza monetaria del 25,7 %, ubicándose por debajo del promedio nacional. Este resultado sugiere mejores condiciones relativas en materia de ingresos y acceso a oportunidades económicas frente a los demás departamentos analizados.

8.1.4. Índice de Pobreza multidimensional (IPM)

Para el año 2024, la tasa de pobreza monetaria a nivel nacional se estimó en 11,5 %. En Cesar, la pobreza monetaria alcanza el 13,4 %, ubicándose por encima del promedio nacional. Esta condición es más crítica en las zonas rurales, donde la incidencia asciende a 21,3 %, casi el doble de la registrada en las cabeceras la cual es de 10,7 %. La brecha urbano-rural evidencia mayores niveles de vulnerabilidad económica en los territorios rurales, asociados a menores oportunidades laborales y mayores niveles de informalidad.

El departamento de Magdalena presenta una incidencia de pobreza monetaria del 19,2 %, superando de manera significativa el promedio nacional. En las cabeceras, la tasa se sitúa en 15,0 %, mientras que en centros poblados y rural disperso aumenta hasta 28,1 %, reflejando una brecha territorial amplia que afecta principalmente a la población rural y limita su capacidad de generación de ingresos.

La Guajira registra la situación más crítica entre los territorios analizados, con una pobreza monetaria total del 39,3 %, más de tres veces el nivel nacional. La desigualdad territorial es particularmente marcada, ya que en las cabeceras la pobreza alcanza el 17,4 %, mientras que en las zonas rurales se eleva de forma alarmante hasta 61,3 %, lo que evidencia condiciones estructurales de exclusión económica y alta vulnerabilidad social.

Por su parte, Córdoba presenta una pobreza monetaria del 25,7 %, más del doble del promedio nacional. En las cabeceras municipales, la incidencia es del 13,0 %, cercana al nivel nacional, pero en los centros poblados y rural disperso se incrementa considerablemente hasta 38,9 %, confirmando la persistencia de profundas desigualdades territoriales en el departamento.

En Sucre, la pobreza monetaria se sitúa en 21,8 %, también por encima del promedio nacional. Las cabeceras registran una tasa relativamente más baja con un valor de 12,4 %, mientras que en las zonas rurales la incidencia asciende a 36,4 %.

Finalmente, Huila presenta el comportamiento más favorable, con una tasa de pobreza monetaria del 10,9 %, ligeramente inferior al promedio nacional. No obstante, persisten diferencias territoriales relevantes, ya que mientras en las cabeceras la pobreza alcanza el 7,6 %, en los centros poblados y rural disperso se incrementa hasta 15,8 %, revelando desafíos importantes en materia de equidad territorial.

8.1.5. Tenencia y uso de equipos

El clima seco se caracteriza por temperaturas elevadas o moderadas y bajos niveles de humedad relativa, condiciones que influyen de manera diferenciada en las necesidades de climatización de los hogares y, por ende, en sus patrones de equipamiento doméstico. En estos territorios, la tenencia y uso de electrodomésticos refleja no solo las condiciones climáticas, sino también factores socioeconómicos asociados al nivel de ingreso, la estructura urbana y la disponibilidad de infraestructura energética. La siguiente tabla presenta la tenencia de equipos seleccionados para esta categoría climática, diferenciando entre el total departamental y las cabeceras, con el objetivo de identificar patrones de acceso, contrastes territoriales y posibles implicaciones sobre el consumo energético residencial que sustentan el análisis desarrollado a continuación.

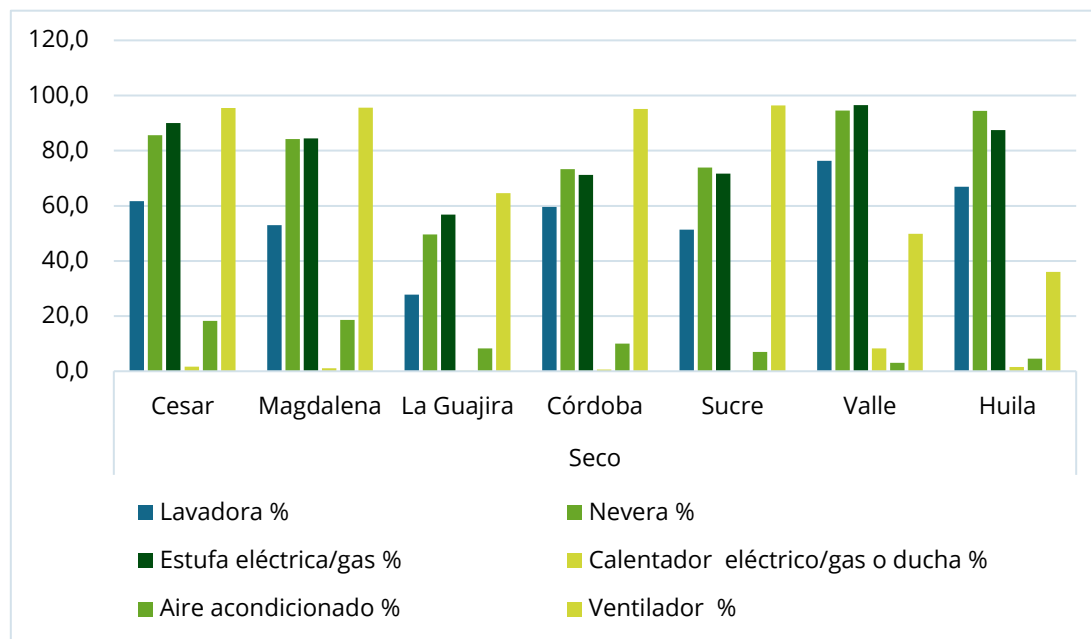
Tabla 3. Tenencia y uso de electrodomésticos en hogares de clima seco, total departamental y cabeceras

Departamento	Área	Lavadora		Nevera		Estufa eléctrica/gas		Calentador eléctrico/gas o ducha		Aire acondicionado		Ventilador o abanico	
		Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Cesar	Total	270	61,7	375	85,6	394	90,0	7	1,7	80	18,3	418	95,5
	Cabecera	217	65,3	295	89,1	318	95,9	7	2,0	72	21,7	322	97,0
Magdalena	Total	234	53,0	372	84,2	373	84,4	5	1,1	82	18,6	422	95,6
	Cabecera	182	59,0	279	90,6	286	92,7	4	1,3	74	24,0	298	96,6
La Guajira	Total	91	27,8	163	49,6	187	56,8	0	0,1	27	8,3	213	64,6
	Cabecera	78	46,8	130	78,0	156	94,1	0	0,3	25	14,8	162	97,3
Córdoba	Total	376	59,5	463	73,3	450	71,2	4	0,6	63	10,0	601	95,1
	Cabecera	231	68,7	281	83,6	317	94,3	4	1,2	60	17,9	330	98,4
Sucre	Total	153	51,3	221	73,9	214	71,6	0	0,1	21	7,0	288	96,4
	Cabecera	108	58,7	149	81,0	171	93,0	0	0,2	19	10,2	179	97,2
Valle	Total	1.230	76,4	1.522	94,6	1.554	96,5	133	8,2	49	3,0	803	49,9
	Cabecera	1.105	79,8	1.323	95,6	1.351	97,6	127	9,2	46	3,3	749	54,1
Huila	Total	261	66,9	368	94,5	341	87,5	6	1,5	18	4,6	141	36,0
	Cabecera	186	77,2	231	95,4	234	96,8	5	2,1	17	7,0	131	54,1

Fuente: *Elaboración propia*

La siguiente figura presenta el porcentaje total de uso y tenencia de equipos en clima seco para los departamentos de Cesar, Magdalena, La Guajira, Córdoba, Sucre, Valle y Huila.

Figura 1. Uso y tenencia de electrodomésticos en hogares de clima seco



Fuente: Elaboración propia

Para esta categoría climática se evidencia que, a pesar de las altas temperaturas, la tenencia de aire acondicionado se mantiene limitada. Los departamentos de Cesar y Magdalena presentan coberturas cercanas al 18 % en el total de hogares (18,3 % y 18,6 % respectivamente), mientras que Córdoba (10,0 %), Sucre (7,0 %) y La Guajira (8,3 %) registran niveles bajos. En cabeceras, aunque los valores aumentan, como por ejemplo La Guajira pasa de 8,3% valor total a 14,8 %, el acceso sigue siendo restringido.

El ventilador aparece como el electrodoméstico dominante ya que en los departamentos Cesar, Magdalena, Córdoba y Sucre superan el 95 % de cobertura en el total de hogares, y alcanzan valores aún mayores en cabeceras. La Guajira muestra una brecha marcada de 64,6% en el total de hogares frente a 97,3% en cabeceras.

La estufa eléctrica o de gas se consolida como un electrodoméstico esencial, con altas coberturas en la mayoría de los departamentos. Cesar y Magdalena superan el 84 % en el total de hogares y alcanzan más del 92 % en cabeceras, mientras que Córdoba y Sucre registran alrededor del 71 % en el total y superan el 93 % en cabeceras, evidenciando brechas urbano-rurales en el acceso a fuentes energéticas modernas. La Guajira presenta la mayor disparidad, con 56,8 % en el total de hogares frente a 94,1 % en cabeceras. En contraste, Valle y Huila muestran niveles cercanos a la universalidad, con coberturas superiores al 96 %. En conjunto, estos resultados indican que la tenencia de estufas responde principalmente al grado de urbanización y a la infraestructura energética disponible, más que a las condiciones climáticas de la categoría climática cálido seco.

La nevera presenta contrastes significativos. Mientras Valle (94,6% total; 95,6% cabecera) y Huila (94,5 % total; 95,4 % cabecera) exhiben coberturas altas, La Guajira alcanza apenas 49,6% en el total de hogares y mejora sustancialmente en cabeceras (78,0%).

La lavadora de ropa muestra coberturas intermedias, desde 51,3 % en Sucre hasta 76,4 % en Valle. En todos los departamentos, la diferencia entre total y cabecera es significativa,

confirmando que este equipo se asocia a mayores niveles de ingreso y a viviendas con mejor infraestructura.

El calentador de agua es prácticamente inexistente, con valores cercanos a cero en todos los departamentos, lo que refuerza su carácter no prioritario en esta categoría climática.

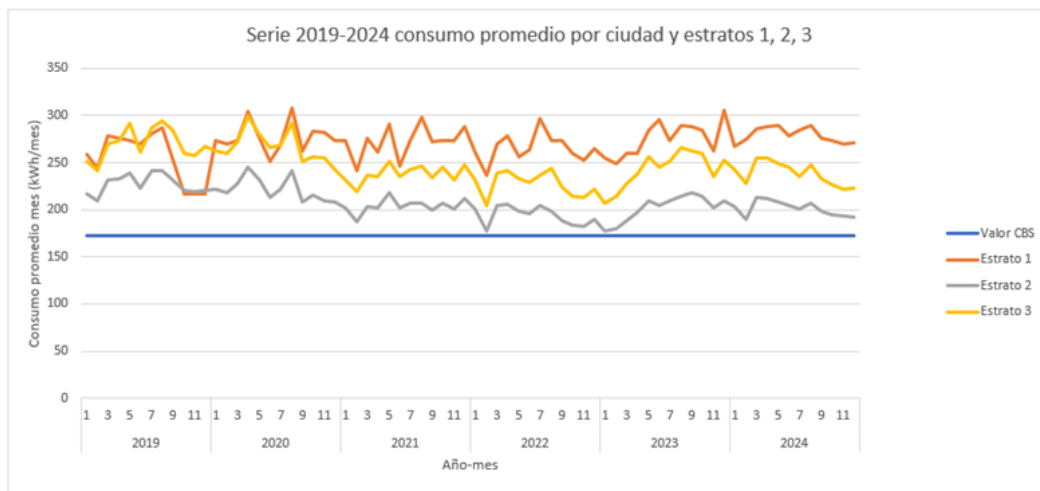
8.2. Análisis de la serie 2019–2024 de Consumos de Energía Eléctrica en Relación con el Consumo Básico de Subsistencia (CBS)

Las siguientes figuras presentan las series para las ciudades de clima cálido seco de la Región Atlántica y, como contraste, las ciudades de otras regiones del mismo tipo de clima. desde 2019 hasta 2024.

A partir de las gráficas presentadas se pueden obtener las siguientes conclusiones:

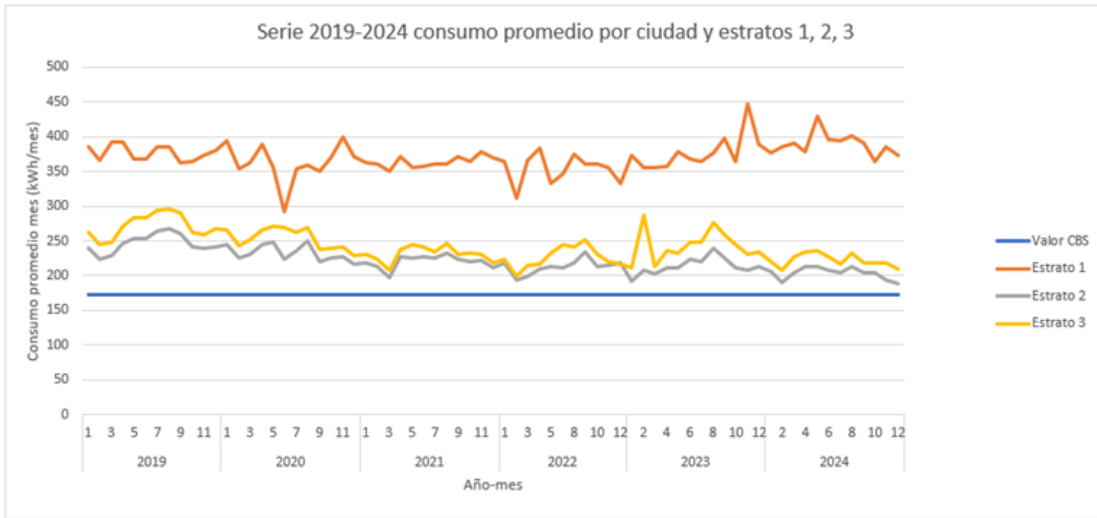
1. Las ciudades de la región Caribe localizadas más al norte, es decir Riohacha, Santa Marta y Valledupar coinciden en el mayor consumo promedio se da en el estrato uno, y seguidos por estratos tres y dos. Montería, Sincelejo, Santiago de Cali y Neiva, tienen un mayor nivel de consumo a medida que el estrato incrementa.
2. Las ciudades Neiva y Santiago de Cali tienen una tendencia a estar, para los tres estratos analizados, por debajo del consumo básico de subsistencia, mientras que las demás tiende a estar por encima, en todos ellos. En el estrato tres, la ciudad de Neiva oscila entre consumos superior e inferior. En resumen, habitualmente por encima del consumo básico de subsistencia: Montería, Riohacha, Santa Marta, Sincelejo y Valledupar; siempre por debajo, para estratos uno y dos, Santigao de Cali y Neiva.
3. La ciudad Santiago de Cali tiene un comportamiento especial durante los meses de la pandemia de COVID 19, dado que para el estrato 3, que es el que se espera tenga acceso a recursos como aire acondicionado, se incrementa el consumo promedio de energía, que vuelve a decrecer en el momento en que se vuelve a un estado más normal o de pandemia controlada. Este fenómeno no es observable en ninguna de las demás ciudades del estudio.

Figura 12. Consumo promedio de energía eléctrica - Valledupar (2019 - 2024)



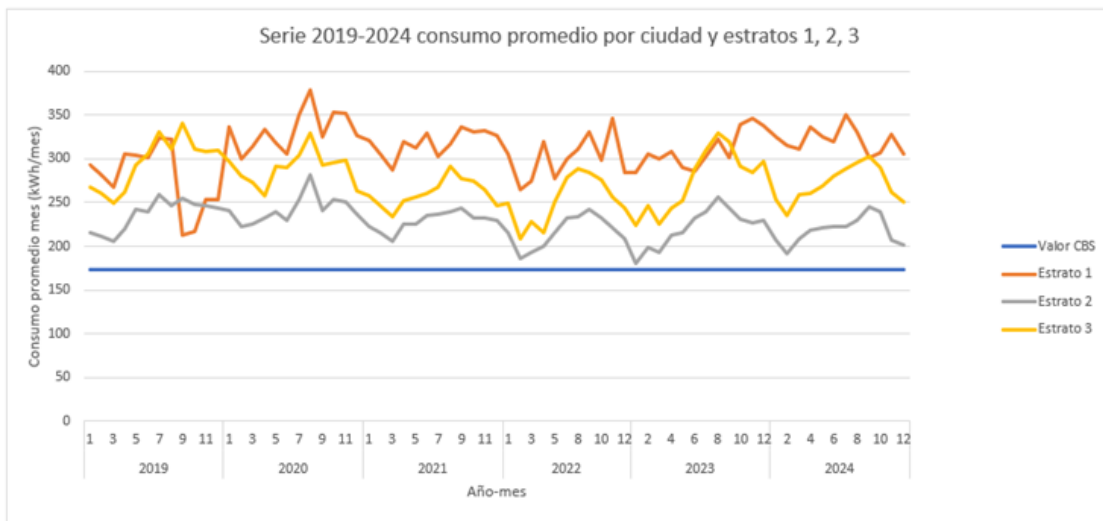
Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores.xlsx con información recopilada del SUI (2025)

Figura 13. Consumo promedio de energía eléctrica – Santa Marta (2019 – 2024)



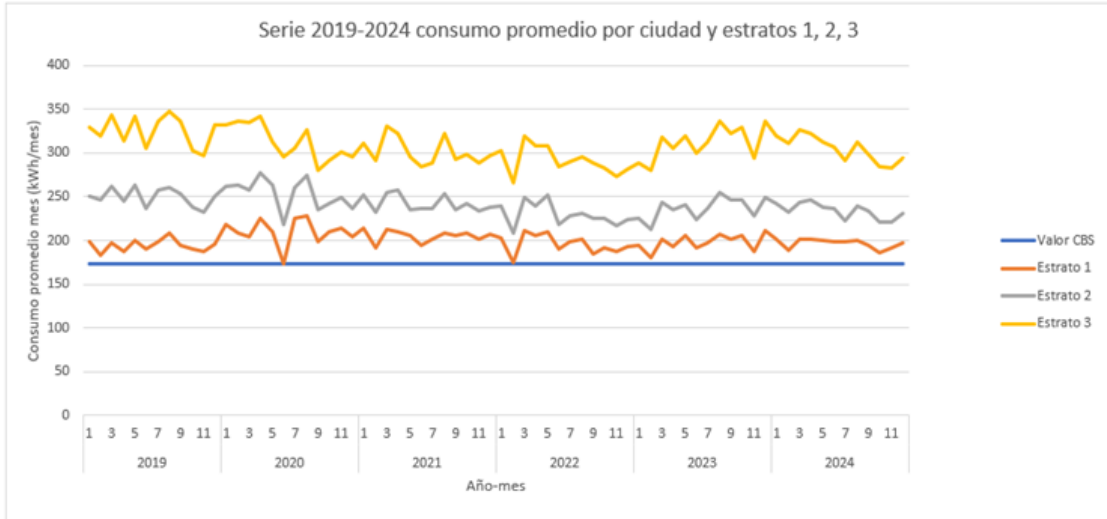
Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores.xlsx con información recopilada del SUI (2025)

Figura 14. Consumo promedio de energía eléctrica – Riohacha (2019 – 2024)



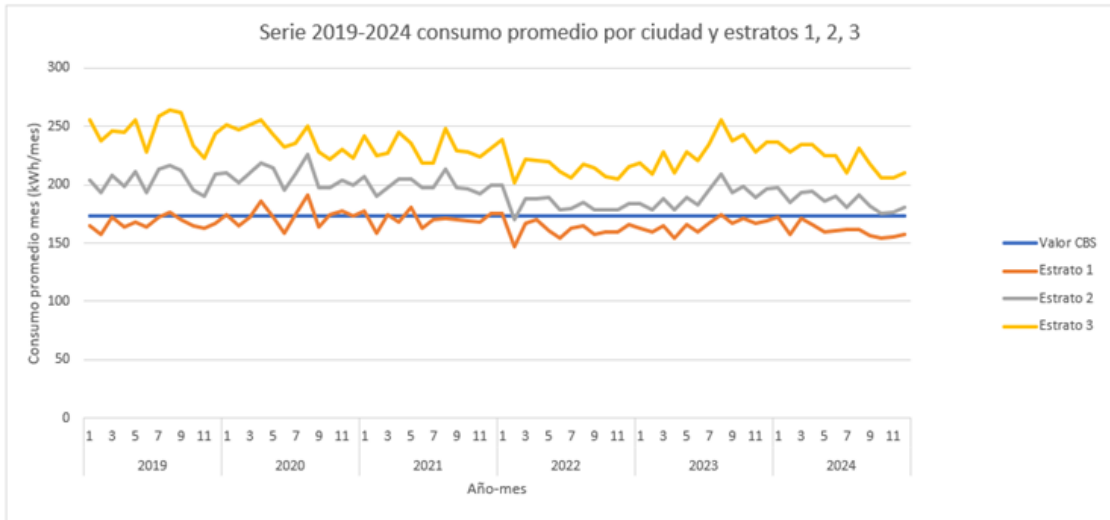
Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores.xlsx con información recopilada del SUI (2025)

Figura 15. Consumo promedio de energía eléctrica - Montería (2019 - 2024)



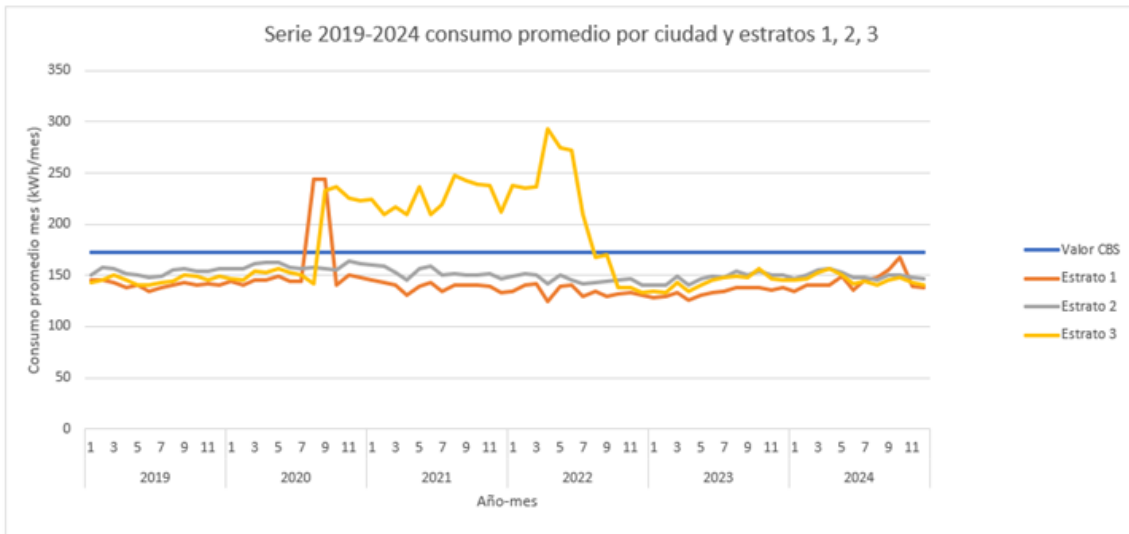
Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores.xlsx con información recopilada del SUI (2025)

Figura 16. Consumo promedio de energía eléctrica - Sincelejo (2019 - 2024)



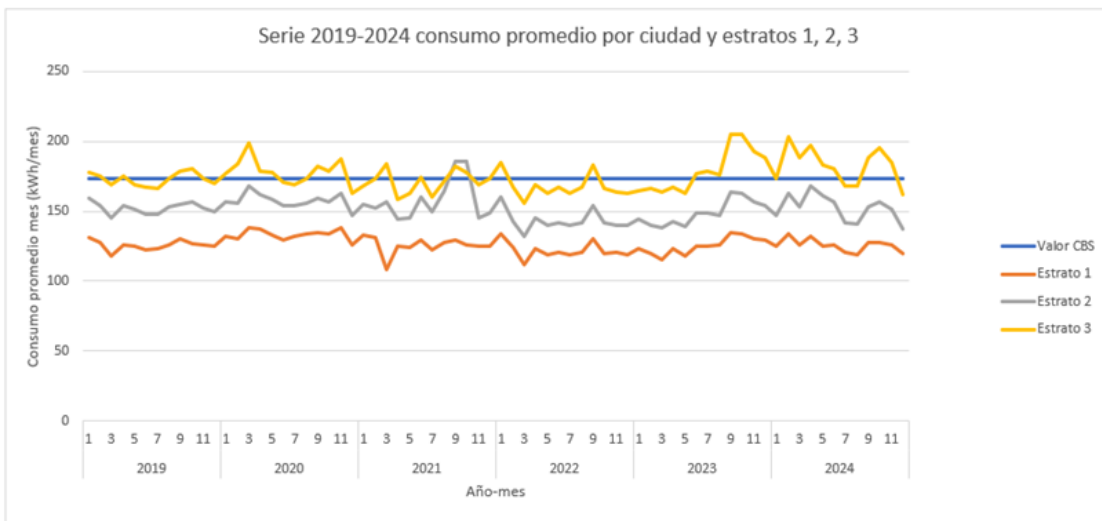
Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores.xlsx con información recopilada del SUI (2025)

Figura 17. Consumo promedio de energía eléctrica – Santiago de Cali (2019 – 2024)



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores.xlsx con información recopilada del SUI (2025)

Figura 18. Consumo promedio de energía eléctrica – Neiva (2019 – 2024)



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores.xlsx con información recopilada del SUI (2025)

4. En las ciudades de Santa Marta, Riohacha y Valledupar, el consumo promedio del estrato 1 es superior al registrado en los estratos 2 y 3. Este comportamiento sugiere la presencia de condiciones particulares asociadas tanto a los hábitos de consumo residencial como al tipo y nivel de equipamiento utilizado, que explicarían estos niveles de consumo promedio en el estrato más bajo.
5. El caso de Santa Marta supera todas las expectativas en términos de valores esperados, especialmente para el estrato uno cuyo valor promedio es aproximado a 600 kWh/mes, por este motivo, en la base de datos se reemplaza el valor por el

promedio del departamento del Magdalena mostrando un resultado de alrededor de 400 kWh/mes. Las razones por las que se presenta este fenómeno, de manera tan atípica en Santa Marta, rebasan todas las posibilidades de este análisis, a manera de ejemplo, para el estrato seis, que es el de mayor ingreso, se tienen los siguientes valores máximos en todo el periodo analizado: Bogotá: 275 kWh, Medellín: 390 kWh y Santiago de Cali: 388 kWh. En el archivo Ms Excel se presentan los resultados obtenidos del SUI y el proceso de remplazo en la opción “Caso Santa Marta”.

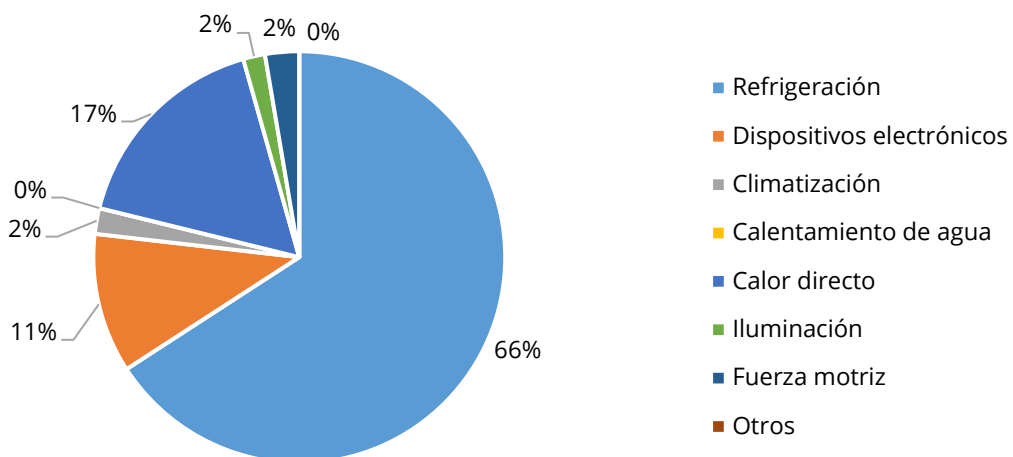
8.3. Consumo de energía eléctrica

Esta sección presenta los avances en la estimación del consumo eléctrico a partir de los ejercicios de caracterización en campo. La aproximación utilizada integra la identificación de equipos presentes en los hogares, sus patrones de uso, y la validación gradual de estos consumos con la información reportada en las facturas, lo que permite construir una primera línea base del comportamiento energético en los municipios estudiados.

8.3.1. Mediciones

En Valledupar para el estrato 1 el consumo mensual de energía eléctrica se caracteriza por una alta concentración en refrigeración y calor directo. La refrigeración presenta consumos elevados, con valores del orden de 180 kWh/mes, asociados a la existencia de neveras ineficientes. El calor directo, impulsado principalmente por el uso de estufa eléctrica de resistencia, registra consumos cercanos a 45-50 kWh/mes, posicionándose como uno de los usos más relevantes. Los dispositivos electrónicos muestran consumos intermedios, con valores individuales que oscilan entre 3 y 10 kWh/mes, acumulando una participación significativa en el consumo total del hogar. La climatización, limitada al uso de ventiladores, presenta consumos bajos, alrededor de 5-6 kWh/mes, mientras que la iluminación registra valores reducidos, cercanos a 5 kWh/mes. Los usos de fuerza motriz se mantienen en rangos bajos, entre 0,6 y 6,7 kWh/mes, y no se evidencia consumo asociado a calentamiento de agua.

Figura 19. Uso de la energía medido en Valledupar - estrato 1

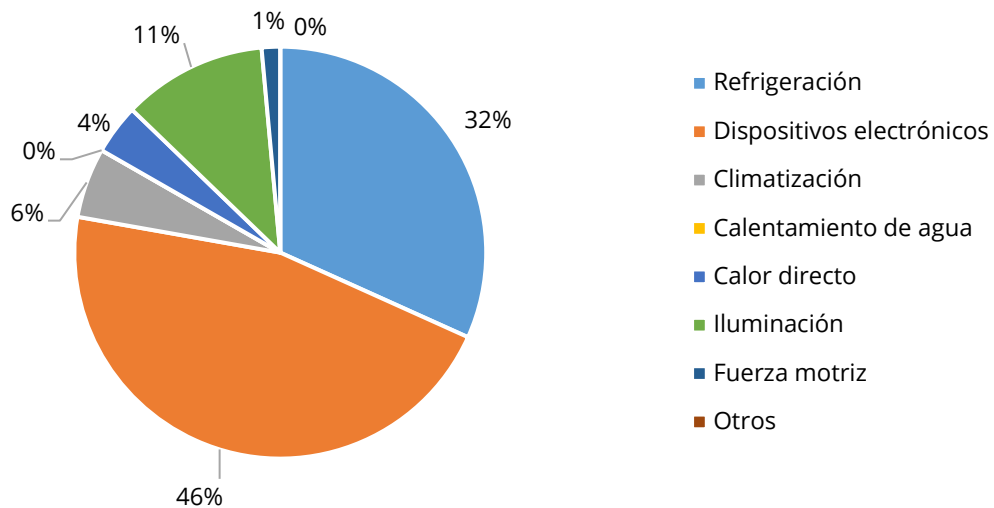


Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

En el estrato 2 en Valledupar, el patrón de consumo muestra una mayor diversificación de usos, aunque con niveles generales más bajos que en el estrato 1. La refrigeración presenta

consumos moderados, alrededor de 29 kWh/mes, reflejando diferencias en capacidad o tiempos de operación de la nevera. Los dispositivos electrónicos conforman uno de los principales usos, con un consumo total que está alrededor de 42 kWh/mes, asociados a portátiles, televisores, routers y equipos de sonido. La iluminación se sitúa en un rango cercano a 10 kWh/mes, mientras que la climatización, basada en ventiladores, registra consumos bajos, del orden de 5 kWh/mes. Los usos de calor directo y fuerza motriz presentan consumos marginales, con valores generalmente inferiores a 3 kWh/mes, y no se identifican consumos por calentamiento de agua.

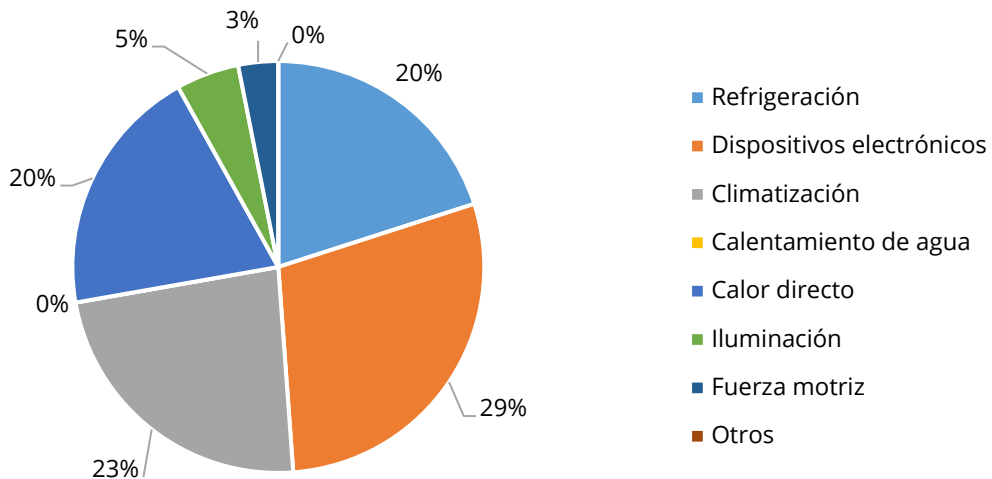
Figura 20. Uso de la energía medido en Valledupar - estrato 2



Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

En el estrato 3 en Valledupar, el consumo energético residencial evidencia una mayor complejidad y diversificación de equipos, con incrementos notables en climatización y calor directo. La refrigeración registra consumos del orden de 35-40 kWh/mes, mientras que la climatización, asociada tanto a aire acondicionado como a ventiladores, alcanza valores de 43,68 kWh/mes, consolidándose como uno de los usos más relevantes. Los dispositivos electrónicos presentan una amplia dispersión, con consumo total alrededor de 53,78 kWh/mes, reflejando la presencia de múltiples televisores, decodificadores y equipos de cómputo. El calor directo muestra consumos significativos, con equipos como horno eléctrico, plancha y microondas, cuyos valores se ubican entre 0,5 y 32 kWh/mes. La iluminación se mantiene en rangos moderados, cercanos a 9 kWh/mes, y la fuerza motriz presenta consumos bajos a medios, entre 2 y 6 kWh/mes. Al igual que en los demás estratos, no se observa consumo asociado a calentamiento de agua.

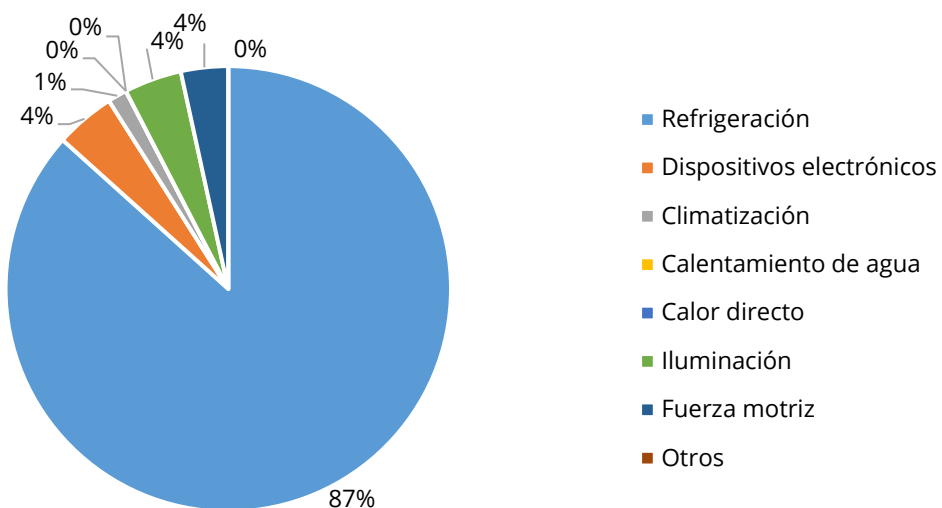
Figura 21. Uso de la energía medido en Valledupar - estrato 3



Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

En estrato 1 de Santa Marta, el consumo residencial se concentra principalmente en la refrigeración, con valores cercanos a 39 kWh/mes, asociados al uso continuo de la nevera como equipo base del hogar. Los dispositivos electrónicos presentan consumos bajos, alrededor de 2 kWh/mes, correspondientes principalmente a celulares y equipos de sonido de baja potencia. La iluminación registra valores reducidos, del orden de 1,9 kWh/mes, coherentes con esquemas de iluminación básica. La climatización, limitada al uso de ventiladores de techo, muestra consumos muy bajos, cercanos a 0,6 kWh/mes. Los usos de fuerza motriz, asociados a lavadora y licuadora, se sitúan alrededor de 1,5 kWh/mes. No se identifican consumos en calor directo ni en calentamiento de agua.

Figura 22. Uso de la energía medido en Santa Marta - estrato 1

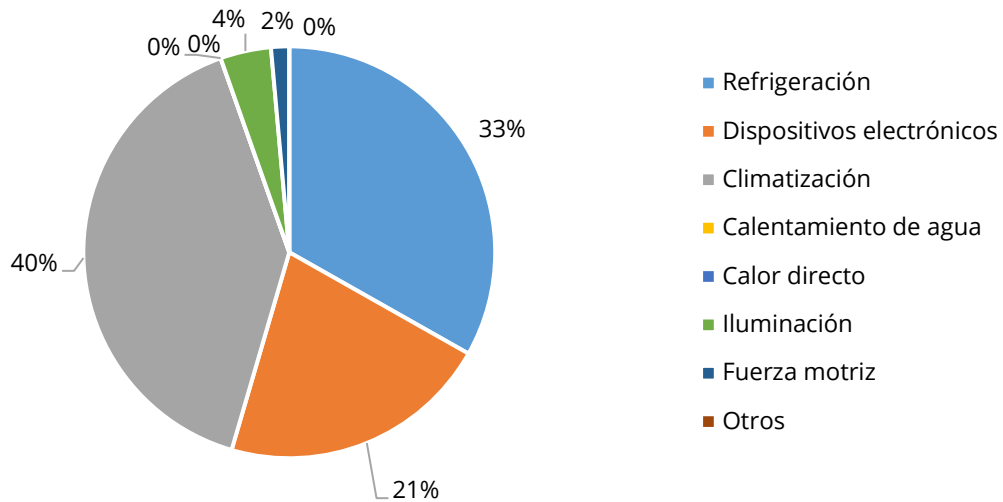


Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

En el estrato 2, la refrigeración continúa siendo uno de los usos predominantes, con consumos del orden de 70 kWh/mes, asociados a la nevera. La climatización adquiere un

peso significativo, con valores cercanos a 51 kWh/mes, explicados por el uso intensivo de ventiladores de pedestal. Los dispositivos electrónicos presentan consumos intermedios, alrededor de 37 kWh/mes, relacionados con la presencia de varios televisores, portátiles y celulares. La iluminación registra valores cercanos a 14,7 kWh/mes, superiores a los observados en el estrato 1. La fuerza motriz, asociada principalmente a la lavadora, presenta consumos del orden de 4,8 kWh/mes. Al igual que en el estrato 1, no se evidencian consumos en calor directo ni en calentamiento de agua.

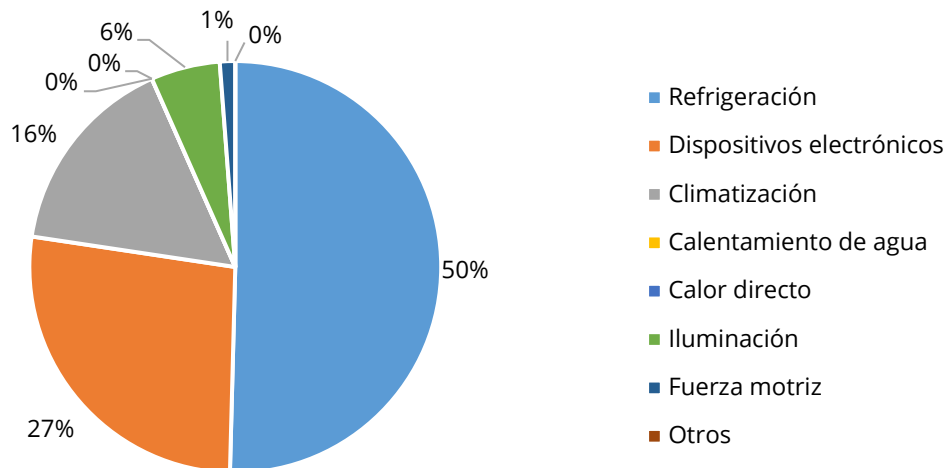
Figura 23. Uso de la energía medido en Santa Marta - estrato 2



Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

En el estrato 3, la refrigeración mantiene una participación relevante, con consumos cercanos a 60 kWh/mes, asociados al uso de nevera. La climatización presenta valores del orden de 19 kWh/mes, explicados por el uso de ventiladores, sin presencia de aire acondicionado. Los dispositivos electrónicos alcanzan consumos aproximados de 32 kWh/mes, relacionados con televisores, routers, portátiles y celulares. La iluminación registra valores cercanos a 6,4 kWh/mes, mientras que la fuerza motriz, asociada a lavadora y licuadora, se sitúa alrededor de 1,4 kWh/mes. No se identifican consumos asociados a calor directo ni a calentamiento de agua.

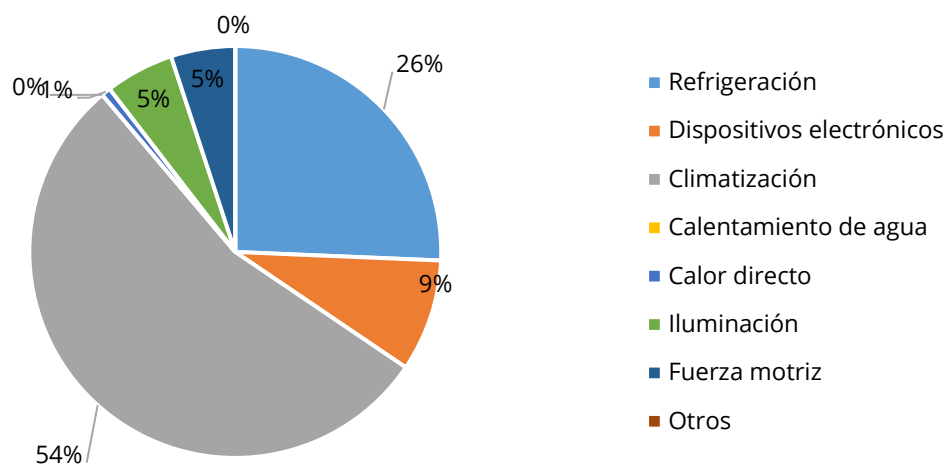
Figura 24. Uso de la energía medido en Santa Marta - estrato 3



Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

En Riohacha, el estrato 1, el consumo total mensual de los 5 hogares medidos se ubica en un intervalo amplio, entre 61 y 802 kWh/mes, lo que refleja una alta variabilidad en los patrones de uso. Dentro de este rango, la refrigeración constituye un uso relevante, con valores que oscilan entre 47 y 108 kWh/mes, asociados al uso de neveras. La climatización explica las mayores diferencias en el consumo total, alcanzando valores desde 0 kWh/mes en algunos hogares hasta consumos muy elevados, cercanos a 684 kWh/mes, cuando se incorporan aires acondicionados. Los dispositivos electrónicos presentan consumos intermedios, generalmente entre 10 y 46 kWh/mes, vinculados a televisores, portátiles, routers y equipos de sonido. La iluminación muestra consumos moderados, entre 2 y 17 kWh/mes, mientras que la fuerza motriz, asociada principalmente a lavadoras y pequeños electrodomésticos, se mantiene en niveles bajos, cercanos a 1-2 kWh/mes. El calor directo aparece de forma puntual, con valores inferiores a 9 kWh/mes, y no se identifican consumos asociados al calentamiento de agua.

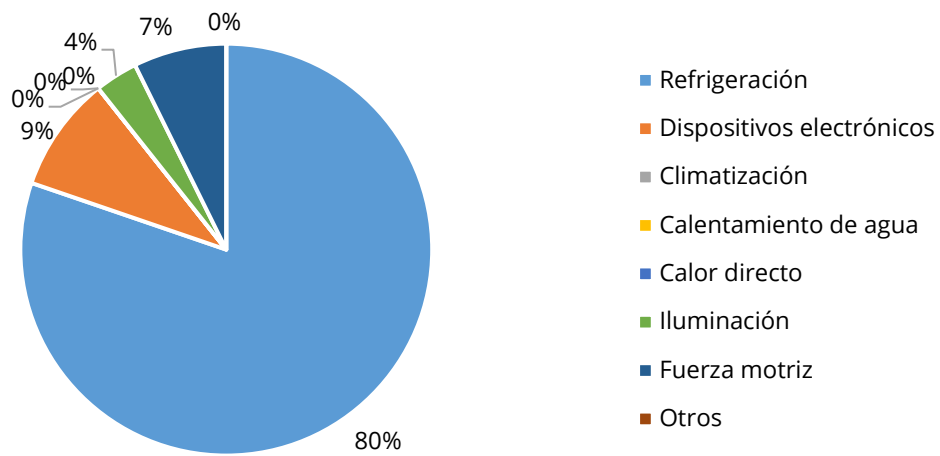
Figura 25. Uso de la energía medido en Riohacha - estrato 1



Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

En el estrato 2 en Riohacha, el consumo total mensual de los hogares se sitúa en un intervalo aproximado entre 172 y 180 kWh/mes, evidenciando un comportamiento más homogéneo que en el estrato 1. En este nivel, la refrigeración es el uso dominante, con consumos entre 117 y 166 kWh/mes, explicados por el funcionamiento continuo de neveras. Los dispositivos electrónicos presentan una variabilidad importante entre hogares, con valores que van desde consumos marginales cercanos a 0,4 kWh/mes hasta aproximadamente 32 kWh/mes, asociados a equipos de sonido, portátiles, routers y teléfonos móviles. La fuerza motriz registra consumos entre 1 y 24 kWh/mes, vinculados al uso de lavadoras y licuadoras, mientras que la iluminación se mantiene en rangos moderados, entre 4 y 7 kWh/mes. No se observan consumos relevantes asociados a climatización, calor directo ni calentamiento de agua.

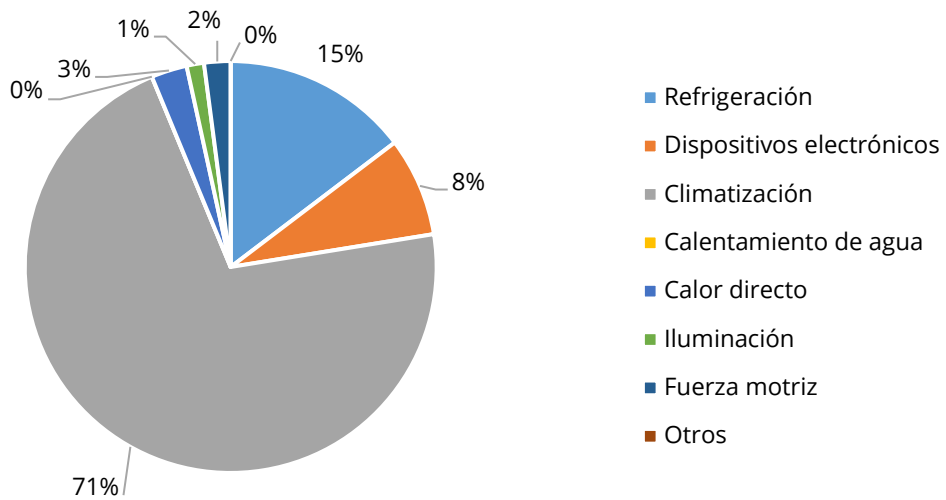
Figura 26. Uso de la energía medido en Riohacha - estrato 2



Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

En el estrato 3 en Riohacha, el consumo total mensual de los hogares se encuentra en un intervalo amplio, que va aproximadamente desde 70 hasta 602 kWh/mes, reflejando la coexistencia de patrones de consumo diferenciados. En los hogares con consumos más bajos, la refrigeración se sitúa alrededor de 27 kWh/mes, la climatización cerca de 13 kWh/mes y los dispositivos electrónicos en torno a 19 kWh/mes, asociados al uso de neveras, ventiladores, televisores y portátiles. En contraste, los hogares con mayores consumos presentan una alta participación de la climatización, con valores cercanos a 467 kWh/mes, explicados por el uso intensivo de aires acondicionados, acompañados por consumos relevantes en refrigeración (alrededor de 72 kWh/mes) y dispositivos electrónicos (aproximadamente 34 kWh/mes). En ambos casos, la iluminación mantiene consumos bajos, entre 4 y 5 kWh/mes, la fuerza motriz se ubica entre 2 y 12 kWh/mes, y el calor directo presenta participaciones reducidas, inferiores a 13 kWh/mes, sin evidencia de calentamiento de agua.

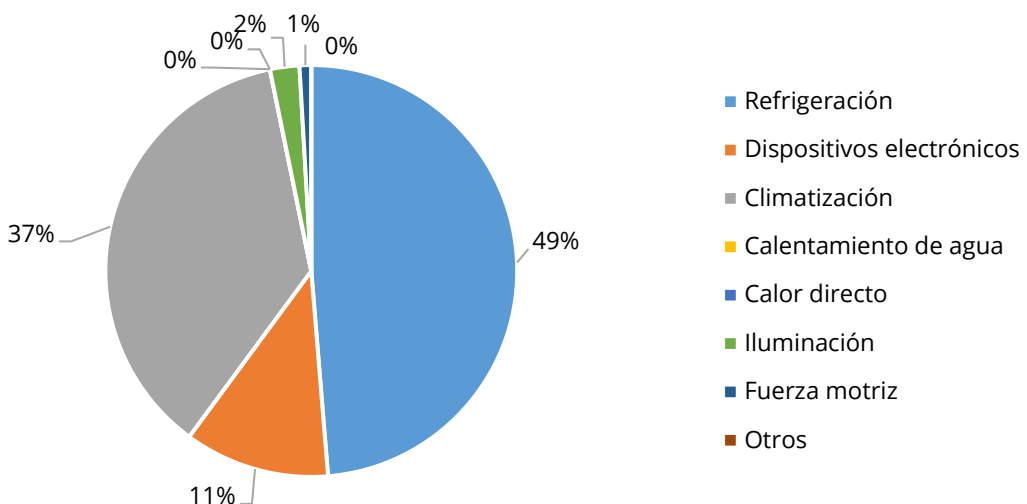
Figura 27. Uso de la energía medido en Riohacha - estrato 3



Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

En el estrato 1 en Sincelejo, el consumo total mensual del hogar se sitúa alrededor de 241 kWh/mes. Este consumo se concentra principalmente en la refrigeración, con aproximadamente 117 kWh/mes, asociada al uso continuo de la nevera, y en la climatización, que alcanza cerca de 88 kWh/mes, explicada por la combinación de aire acondicionado tipo split inverter y ventiladores. Los dispositivos electrónicos representan un consumo intermedio, del orden de 27 kWh/mes, vinculados al uso de televisores, routers, teléfonos móviles y equipos de sonido. La iluminación presenta una participación menor, cercana a 6 kWh/mes, mientras que la fuerza motriz, asociada a lavadora y licuadora, registra consumos bajos, alrededor de 2 kWh/mes. No se identifican consumos asociados a calor directo ni a calentamiento de agua.

Figura 28. Uso de la energía medido en Sincelejo - estrato 1

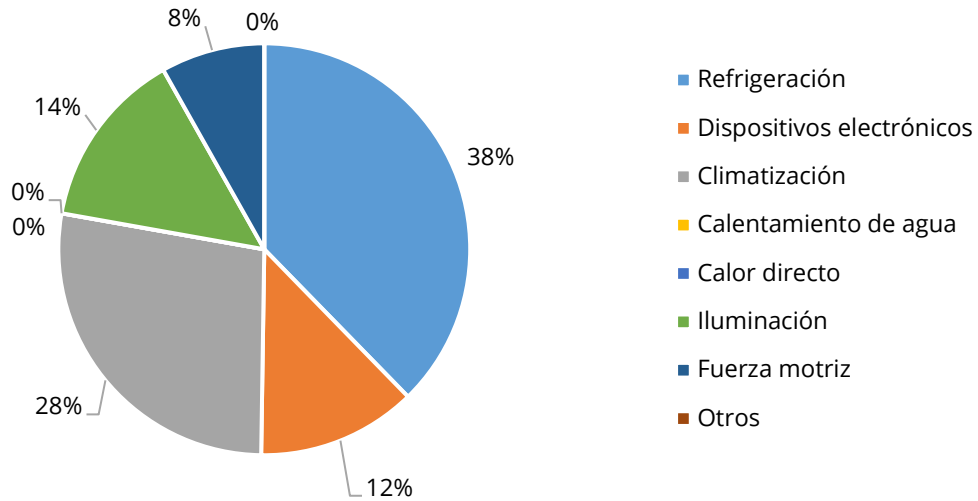


Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

En el estrato 2 en Sincelejo, el consumo total mensual del hogar se ubica alrededor de 147 kWh/mes, con una estructura de consumo más equilibrada entre los principales usos. La

refrigeración aporta aproximadamente 55 kWh/mes, mientras que la climatización alcanza cerca de 41 kWh/mes, asociada al uso de abanicos y ventiladores. La iluminación presenta una participación relevante, cercana a 21 kWh/mes, lo que sugiere una mayor demanda por número de luminarias o tiempos de uso. Los dispositivos electrónicos registran consumos del orden de 18 kWh/mes, vinculados principalmente a televisores y teléfonos móviles. La fuerza motriz, explicada por el uso de licuadora, alcanza alrededor de 12 kWh/mes, y no se observan consumos en calor directo ni en calentamiento de agua.

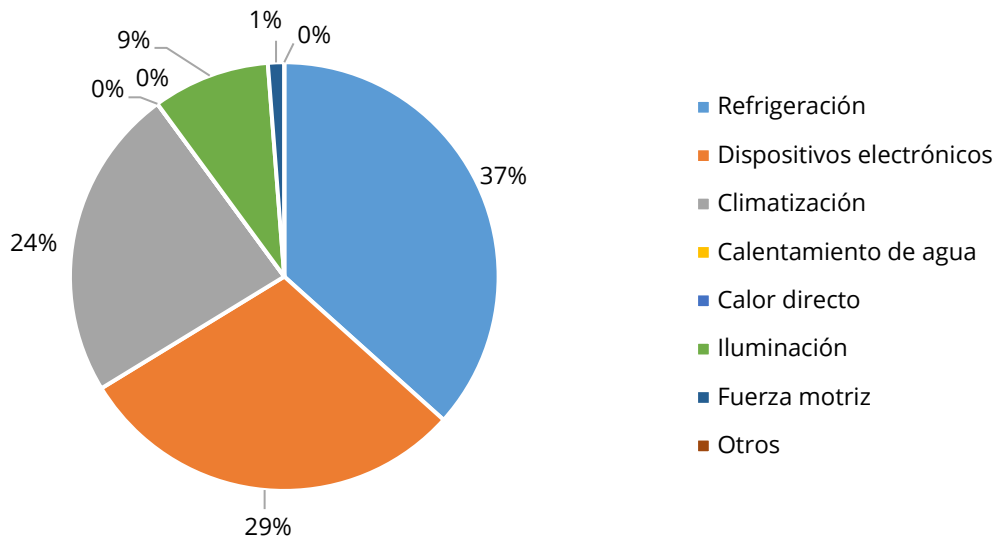
Figura 29. Uso de la energía medido en Sincelejo - estrato 2



Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

En el estrato 3 en Sincelejo, el consumo total mensual del hogar se sitúa alrededor de 163 kWh/mes. En este nivel, la refrigeración representa cerca de 60 kWh/mes, mientras que la climatización alcanza aproximadamente 39 kWh/mes, asociada al uso de ventiladores y abanicos. Los dispositivos electrónicos tienen una participación significativa, del orden de 48 kWh/mes, explicada por la presencia de televisores, routers, celulares y equipos de sonido. La iluminación registra consumos cercanos a 14 kWh/mes, y la fuerza motriz, vinculada al uso de licuadora, se mantiene en niveles bajos, alrededor de 2 kWh/mes. No se identifican consumos asociados a calor directo ni a calentamiento de agua.

Figura 30. Uso de la energía medido en Sincelejo - estrato 3

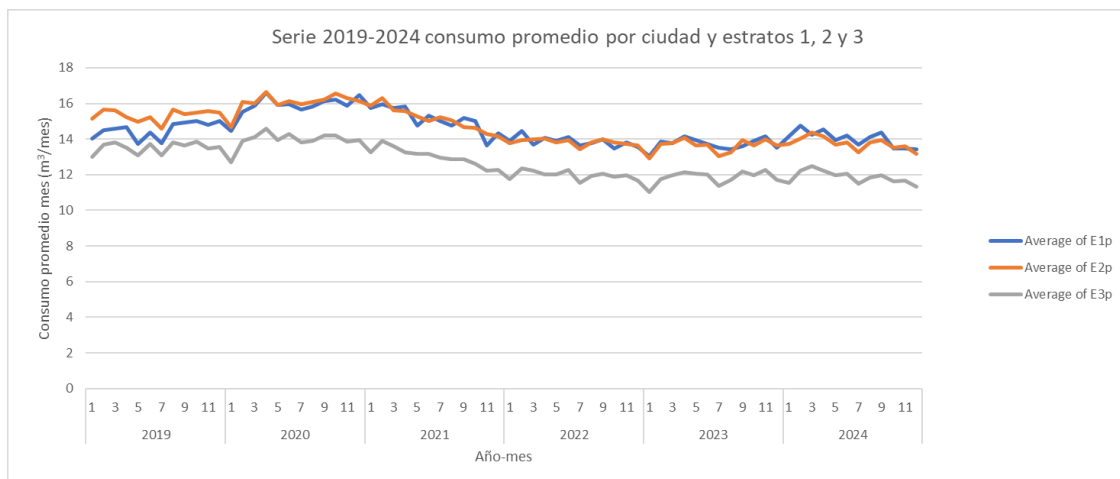


Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

8.4. Consumo de gas

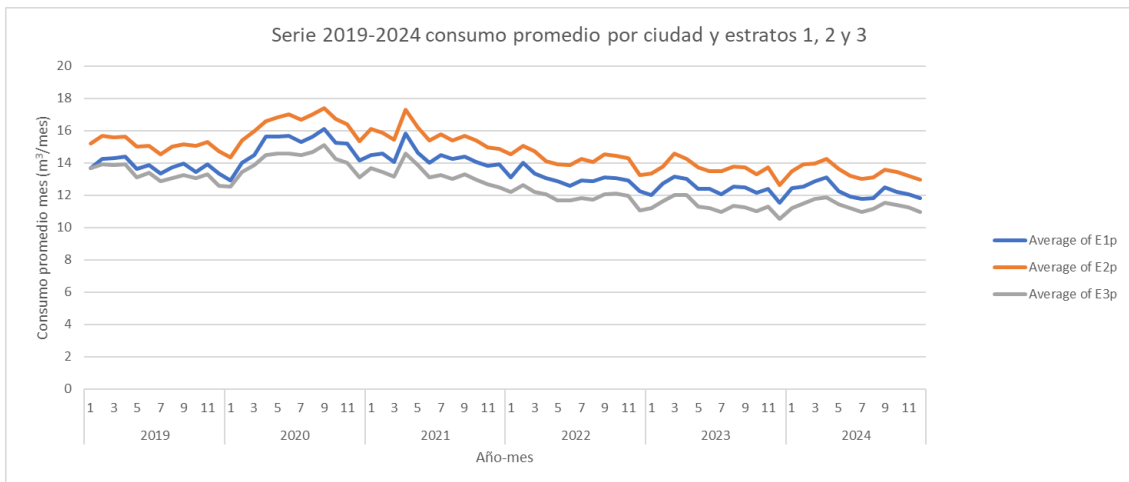
En este numeral se presenta un análisis de las capitales con clima cálido seco de la Región Caribe y se contrastan, finalmente, con Santiago de Cali y Neiva.

Figura 31. Consumo promedio de gas - Valledupar (2019 - 2024)



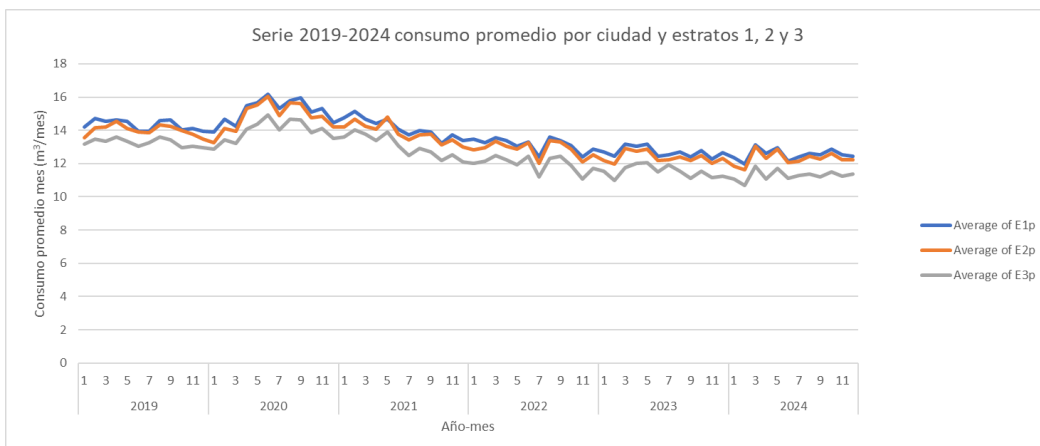
Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm realizado con información recopilada del SUI (2025)

Figura 32. Consumo promedio de gas – Santa Marta (2019 – 2024)



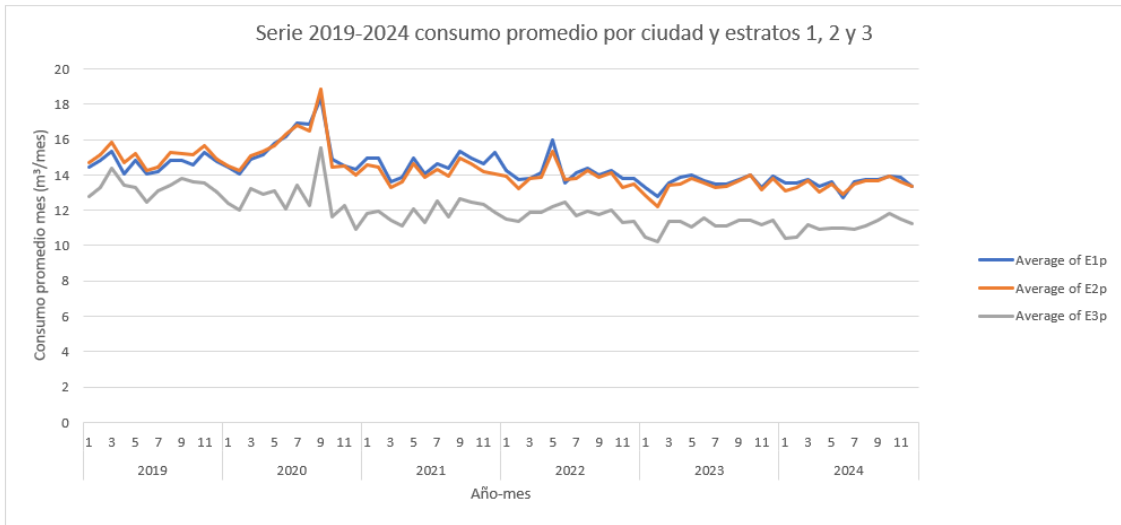
Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm realizado con información recopilada del SUI (2025)

Figura 33. Consumo promedio de gas – Riohacha (2019 – 2024)



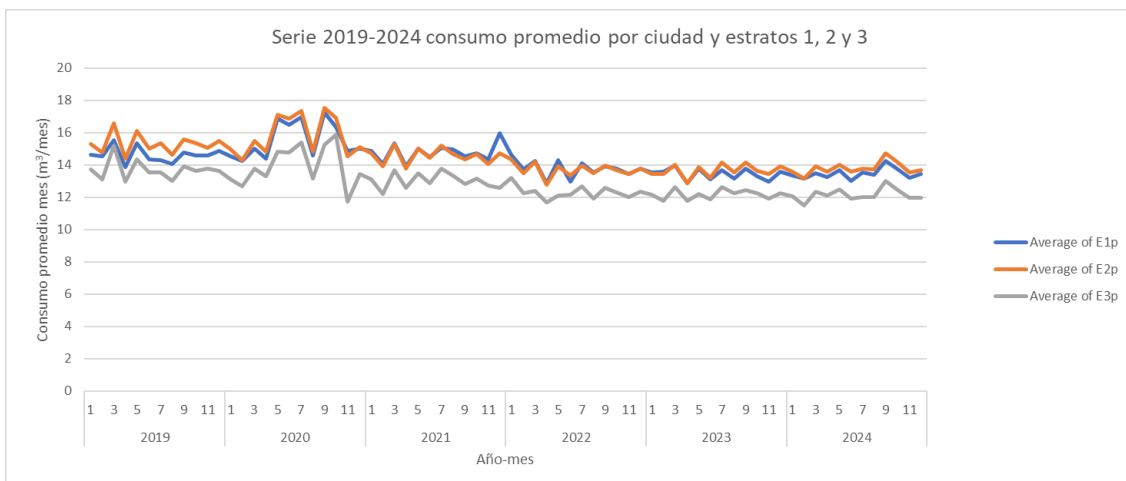
Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm realizado con información recopilada del SUI (2025)

Figura 34. Consumo promedio de gas – Montnería (2019 – 2024)



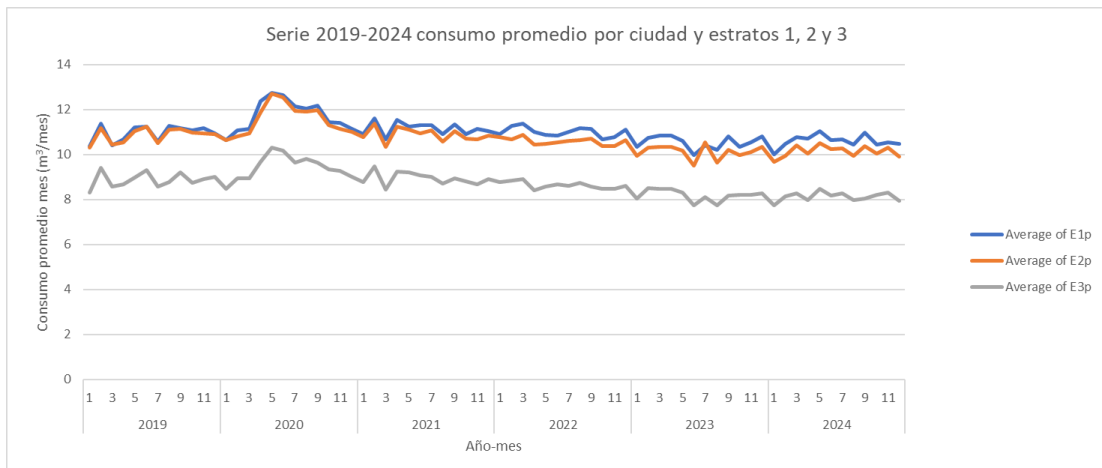
Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm realizado con información recopilada del SUI (2025)

Figura 35. Consumo promedio de gas – Sincelejo (2019 – 2024)



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm realizado con información recopilada del SUI (2025)

Figura 36. Consumo promedio de gas – Santiago de Cali (2019 – 2024)



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm realizado con información recopilada del SUI (2025)

A continuación, se muestran conclusiones.

1. En general se presenta un incremento en todas las ciudades al inicio del año 2020, con la excepción de Montería que muestra un incremento gradual, hasta alcanzar el consumo máximo en el mes de septiembre. Esto aplica casi sin excepción en toda la serie y pudo ser ocasionado por el incremento en horas de cocción ante el confinamiento durante la pandemia.
2. Los estratos uno y dos consumen promedios más altos de gas natural que el estrato tres, fenómeno que también aparece en el grupo anterior (cálido húmedo).
3. Después del incremento de 2020, y a partir del año 2022, de manera clara, el consumo promedio tiende a estabilizarse, en general, por debajo de como venía en 2019, con excepción de Santiago de Cali, cuyos promedios se parecen mucho a los de 2019.
4. Todas las tendencias de promedios de consumo son parecidas en términos de forma.
5. Con excepción de Santa Marta, los estratos uno y dos son coincidentes en los niveles de consumo promedio, es decir sus valores son muy cercanos a lo largo del tiempo.

9. Estimación del consumo de energía en el sector residencial urbano de Colombia para clima templado: Medellín e Ibagué

9.1. Caracterización socioeconómica y de usos de energía a partir de fuentes secundarias

La caracterización socioeconómica del sector residencial urbano se realiza a partir de un análisis de información secundaria que incluye la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) 2024, con el fin de identificar las condiciones de vida de los hogares urbanos en Colombia. Para el clima templado, se toma como referencia los hogares en las ciudades de Medellín e Ibagué.

9.1.1. Tamaño de los hogares

Para 2024, el tamaño promedio de los hogares en Colombia fue de 2,86 personas. En el departamento de Antioquia, el tamaño promedio del hogar es de 2,8 personas. En la cabecera municipal, el promedio desciende a 2,7 personas por hogar, mientras que en los centros poblados y rural disperso aumenta a 3,1 personas, lo que refleja una mayor concentración de integrantes por hogar en áreas rurales.

Por su parte, el departamento del Tolima presenta un tamaño promedio del hogar de 2,7 personas, tanto en el total departamental como en la cabecera municipal. No obstante, en centros poblados y rural disperso el promedio se incrementa a 2,9 personas por hogar.

9.1.2. Escolaridad y capital humano

El análisis de la escolaridad en Antioquia y Tolima evidencia niveles de capital humano relativamente superiores al promedio de varios departamentos del país, aunque aún persisten brechas importantes frente al referente nacional, estimado en 9,6 años promedio de estudio. Ambos departamentos muestran desempeños diferenciados según área de residencia y grupos etarios, reflejando avances en cobertura educativa, pero también desigualdades territoriales estructurales.

En Antioquia, el promedio de años de educación se sitúa en 8,6 años, en la cabecera municipal, el promedio asciende a 9,1 años, acercándose al nivel nacional, mientras que en centros poblados y rural disperso se reduce a 6,2 años, evidenciando una brecha de casi tres años entre áreas urbanas y rurales. Esta diferencia da cuenta de limitaciones persistentes en el acceso y permanencia educativa en zonas rurales, lo que restringe la consolidación de capital humano en dichos territorios.

Por grupos de edad, Antioquia presenta mayores niveles de escolaridad en la población entre 25 y 34 años, con un promedio de 11,5 años, lo cual sugiere una mejora sostenida en las trayectorias educativas de las generaciones más jóvenes. En contraste, la población de 35 años y más alcanza en promedio 8,7 años de estudio, reflejando condiciones históricas de menor acceso a la educación formal.

En el caso de Tolima, el promedio de años de educación alcanza 8,0 años, ubicándose por debajo del promedio nacional. Las cabeceras municipales registran 9,0 años promedio, mientras que en centros poblados y rural disperso el nivel desciende a 5,7 años, mostrando una brecha territorial significativa. La población entre 25 y 34 años presenta un promedio de 11,3 años de educación, superando ampliamente a los grupos de mayor edad y reflejando avances en cobertura educativa y permanencia escolar. Sin embargo, la población de 35 años y más mantiene un promedio de 8,1 años, y en zonas rurales este indicador se sitúa en niveles cercanos a los cinco años, lo que afecta negativamente la calidad del capital humano disponible en estos territorios.

9.1.3. Pobreza monetaria

En Antioquia, la pobreza monetaria alcanza el 24,7 %. Este resultado refleja condiciones socioeconómicas relativamente favorables, asociadas a una mayor diversificación productiva y a una oferta más amplia de oportunidades económicas.

Por su parte, el Tolima registra una incidencia de pobreza monetaria del 35,6 %, evidenciando una mayor proporción de población en situación de vulnerabilidad económica. Este nivel sugiere la presencia de limitaciones en la generación de ingresos y en el acceso a empleo estable, especialmente en zonas rurales y municipios de menor dinamismo económico.

9.1.4. Índice de Pobreza multidimensional (IPM)

Para el año 2024, la pobreza monetaria a nivel nacional se ubicó en 11,5 %. Por su parte, Antioquia presenta una tasa de pobreza monetaria del 10,9 %, ligeramente inferior al promedio nacional, consolidándose como uno de los departamentos con mejores indicadores relativos. Sin embargo, persisten brechas importantes entre áreas urbanas y rurales. En las cabeceras municipales, la pobreza se sitúa en 8,4 %, mientras que en los centros poblados y rural disperso asciende a 21,2 %, evidenciando que más de una quinta parte de la población rural enfrenta condiciones de insuficiencia de ingresos.

En Tolima, la pobreza monetaria alcanza el 12,6 %, ubicándose levemente por encima del promedio nacional. No obstante, al desagregar por área de residencia se observan contrastes marcados: mientras en las cabeceras municipales la incidencia es del 7,2 %, notablemente inferior al promedio nacional, en los centros poblados y rural disperso la pobreza se incrementa hasta 24,7 %, más del doble del nivel departamental.

9.1.5. Tenencia y uso de equipos

El clima templado presenta condiciones climáticas intermedias, con temperaturas moderadas a lo largo del año y menores extremos térmicos en comparación con los climas cálidos y fríos. Estas características inciden en patrones de equipamiento doméstico menos condicionados por la necesidad de climatización y más asociados a factores socioeconómicos, culturales y de acceso a bienes durables. En este contexto, la tenencia y uso de electrodomésticos permite identificar niveles de bienestar material, brechas territoriales y diferencias entre el total departamental y las cabeceras municipales. La siguiente tabla presenta la información correspondiente a esta categoría climática, con el fin de sustentar el análisis socioeconómico y energético que se desarrolla posteriormente.

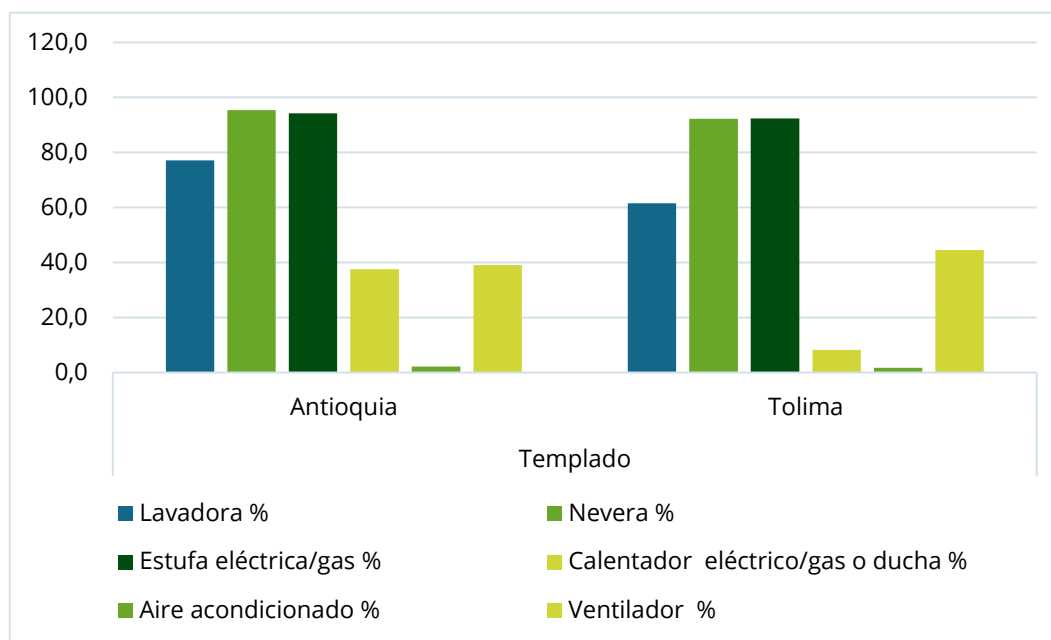
Tabla 4. Tenencia y uso de electrodomésticos en hogares de clima templado, total departamental y cabeceras

Departamento	Área	Lavadora		Nevera		Estufa eléctrica/gas		Calentador eléctrico/gas o ducha		Aire acondicionado		Ventilador o abanico	
		Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Antioquia	Total	1.977	77,2	2.444	95,4	2.414	94,2	964	37,6	56	2,2	1.000	39,0
	Cabece ra	1.711	81,0	2.032	96,2	2.044	96,7	887	42,0	51	2,4	849	40,2
Tolima	Total	310	61,5	465	92,3	466	92,4	41	8,2	9	1,8	224	44,5
	Cabece ra	261	72,6	340	94,3	352	97,6	39	10,8	8	2,3	187	51,9

Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura presenta el porcentaje total de uso y tenencia de equipos en clima templado para los departamentos de Antioquia y Tolima.

Figura 2. Uso y tenencia de electrodomésticos en hogares de clima templado



Fuente: Elaboración propia

En la categoría climática templado, representado por los departamentos de Antioquia y Tolima, la nevera alcanza coberturas superiores al 92 % en ambos territorios, tanto en el total de hogares como en cabeceras, consolidándose como un electrodoméstico básico e indispensable. De manera consistente, la estufa eléctrica o de gas presenta niveles cercanos a la universalidad, superando el 92 % en todos los casos, lo que refleja la generalización de la cocción mediante fuentes energéticas modernas y una baja dependencia de alternativas tradicionales, especialmente en las áreas urbanas.

La lavadora de ropa muestra una presencia elevada, particularmente en Antioquia (77,2 % en el total de hogares y 81,0 % en cabeceras), mientras que Tolima presenta valores más moderados (61,5 % y 72,6 %, respectivamente).

El calentador de agua adquiere mayor relevancia en esta categoría climática, aunque de manera diferenciada. Antioquia registra una cobertura de 37,6 % en el total de hogares y 42,0 % en cabeceras, frente a valores sensiblemente más bajos en Tolima (8,2 % y 10,8 %).

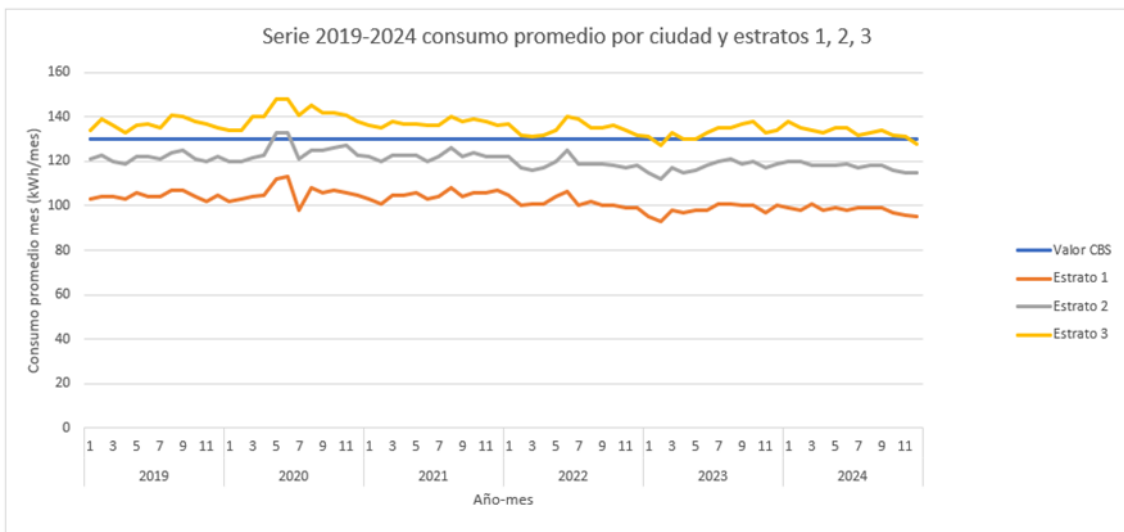
Finalmente, los equipos asociados al enfriamiento mantienen una presencia limitada. El aire acondicionado no supera el 3 %, mientras que el ventilador conserva una cobertura moderada, con valores entre 40 % y 52 %, especialmente en cabeceras, lo que confirma el carácter intermedio del clima templado y la menor presión climática sobre las decisiones de climatización doméstica.

9.2. Análisis de la serie 2019–2024 de Consumos de Energía Eléctrica en Relación con el Consumo Básico de Subsistencia (CBS)

Dentro de este concepto, y como parte del análisis detallado de las series de consumo de energía eléctrica, se presentan ahora las gráficas y conclusiones relacionadas con la Región Antioqueña y la región Central en clima templado, que corresponde a sus dos capitales, Medellín e Ibagué.

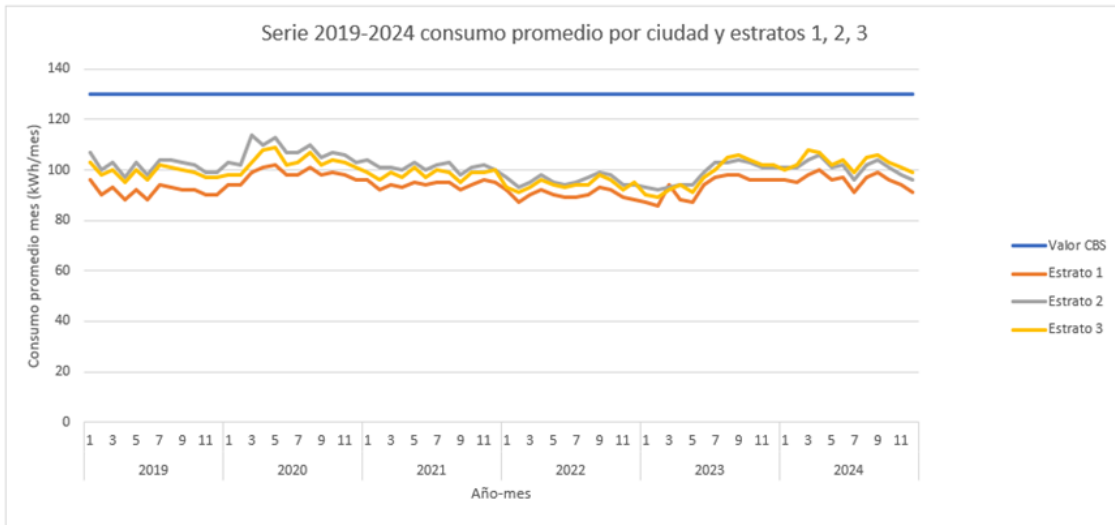
Las siguientes figuras presentan las series para las dos ciudades de clima templado desde 2019 hasta 2024.

Figura 37. Consumo promedio de energía eléctrica – Medellín (2019 – 2024)



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores-EE.xlsx con información recopilada del SUI (2025)

Figura 38. Consumo promedio de energía eléctrica - Ibagué (2019 - 2024)



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores-EE.xlsx con información recopilada del SUI (2025)

- No es posible notar que haya un cambio de hábitos a causa de la pandemia de COVID19.
- La variación del consumo de energía eléctrica por estrato en Medellín es muy notoria. En Ibagué, por otra parte, el consumo eléctrico promedio no difiere notable entre los estratos 1, 2 y 3.
- En Medellín se observa que el consumo promedio de los estratos uno y dos casi se encuentra por encima del CBS. En Ibagué, los tres estratos presentan consumos promedios por debajo del CBS.

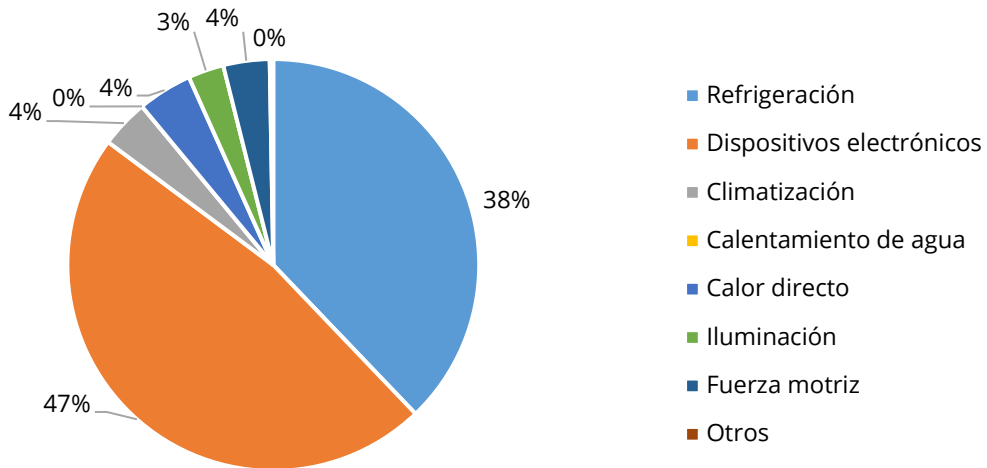
9.3. Consumo de energía eléctrica

Para complementar el análisis histórico frente al Consumo Básico de Subsistencia (CBS), esta sección presentará los resultados del consumo eléctrico estimado a partir de la metodología definida para el proyecto.

9.3.1. Mediciones

En Medellín, para el estrato 1 el consumo total mensual de los hogares analizados se ubica en un intervalo aproximado entre 111 y 120 kWh/mes, reflejando una estructura de consumo relativamente homogénea entre viviendas. La refrigeración representa un consumo cercano a 41-46 kWh/mes, asociado al uso de la nevera. Los dispositivos electrónicos constituyen el principal uso energético, con valores entre 51 y 59 kWh/mes, explicados por la presencia de varios televisores de distintos tamaños, routers, repetidores y teléfonos móviles. La climatización tiene una participación limitada, del orden de 0 a 9 kWh/mes, asociada al uso ocasional de ventiladores. El calor directo registra consumos puntuales, cercanos a 10 kWh/mes, vinculados principalmente a planchas y pequeños electrodomésticos. La iluminación presenta consumos bajos, entre 3 y 4 kWh/mes, mientras que la fuerza motriz, asociada a lavadora y licuadora, se mantiene en niveles reducidos, entre 2 y 6 kWh/mes. Otros usos son marginales.

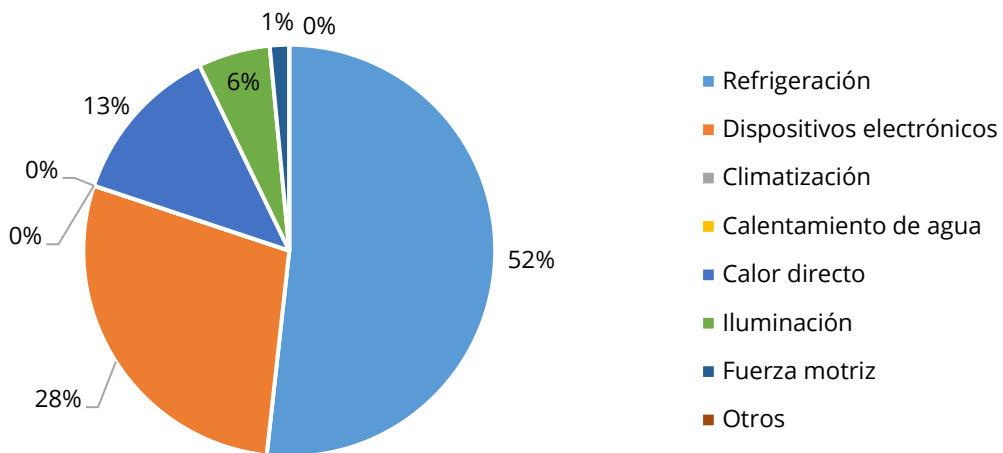
Figura 39. Uso de la energía medido en Medellín - estrato 1



Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

En el estrato 2 en Medellín, el consumo total mensual del hogar analizado se sitúa alrededor de 91 kWh/mes, evidenciando una menor demanda energética frente al estrato 1. La refrigeración aporta aproximadamente 47 kWh/mes, consolidándose como el principal uso de energía. Los dispositivos electrónicos alcanzan cerca de 26 kWh/mes, asociados al uso de televisores, router y teléfonos móviles. El calor directo presenta un consumo cercano a 12 kWh/mes, explicado por el uso de electrodomésticos como freidora de aire y olla arrocera. La iluminación registra alrededor de 5 kWh/mes, mientras que la fuerza motriz, vinculada a ventilador y licuadora, se mantiene en niveles bajos, cercanos a 1 kWh/mes. No se identifican consumos relevantes en climatización ni en calentamiento de agua.

Figura 40. Uso de la energía medido en Medellín - estrato 2

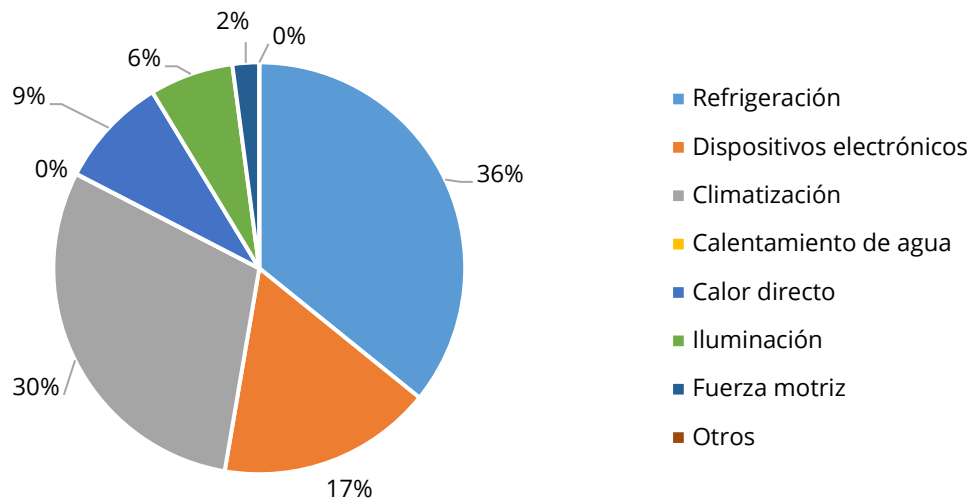


Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

En el estrato 3 en Medellín, el consumo total mensual del hogar analizado se ubica alrededor de 113 kWh/mes, con una estructura de consumo diversificada. La refrigeración representa cerca de 41 kWh/mes, asociada al uso de nevera. La climatización tiene una participación

relevante, cercana a 34 kWh/mes, explicada por el uso de múltiples ventiladores. Los dispositivos electrónicos registran consumos del orden de 19 kWh/mes, asociados principalmente a televisores, computadores portátiles y teléfonos móviles. El calor directo alcanza aproximadamente 10 kWh/mes, vinculado al uso de freidora de aire y olla arrocera. La iluminación presenta consumos cercanos a 7 kWh/mes, y la fuerza motriz, asociada al uso de lavadora, se mantiene alrededor de 2 kWh/mes. El calentamiento de agua tiene una participación marginal.

Figura 41. Uso de la energía medido en Medellín - estrato 3

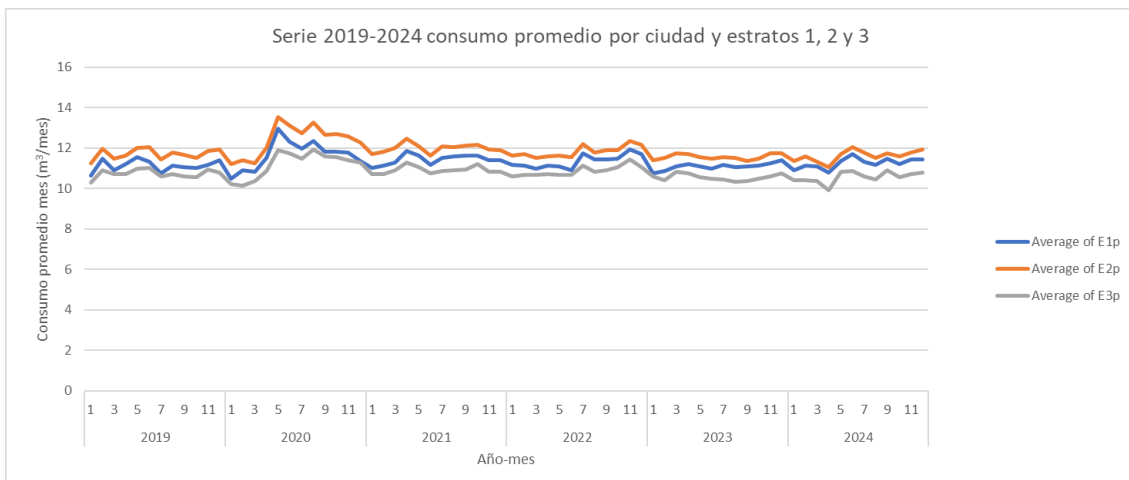


Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

9.4. Consumo de gas

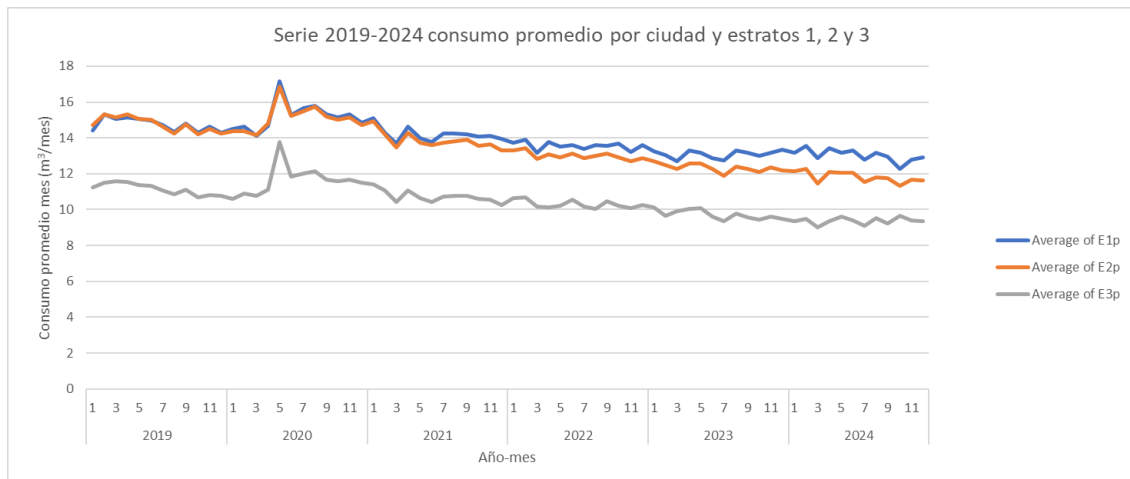
Para las capitales de clima templado se toman Ibagué y Medellín. Las gráficas de consumo se presentan a continuación, más conclusiones sobre lo que su lectura ofrece.

Figura 42. Consumo promedio de gas - Medellín (2019 - 2024)



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm realizado con información recopilada del SUI (2025)

Figura 43. Consumo promedio de gas – Ibagué (2019 – 2024)



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsx realizado con información recopilada del SUI (2025)

Conclusiones al observar estos datos.

1. Se presenta un incremento del consumo promedio al inicio del año 2020, cuyo nivel decae durante el primer semestre de 2021.
2. Los estratos uno y dos, siempre se encuentran por encima del promedio que el estrato tres.
3. Las formas de las líneas muestran similitudes, al igual que en los demás grupos analizados.
4. En Ibagué se presenta una tendencia decreciente en los niveles de consumo promedios, mientras que los de Medellín se mantienen relativamente estables. Para el caso de Ibagué hay una tendencia a la reducción por debajo de los niveles de 2019, a partir del año 2022.

10. Estimación del consumo de energía en el sector residencial urbano de Colombia para clima frío: Bogotá

10.1. Caracterización socioeconómica y de usos de energía a partir de fuentes secundarias

La caracterización socioeconómica del sector residencial urbano se realiza a partir de un análisis de información secundaria que incluye la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) 2024, con el fin de identificar las condiciones de vida de los hogares urbanos en Colombia. Para el clima frío, se toma como referencia los hogares en la ciudad de Bogotá.

10.1.1. Tamaño de los hogares

En Bogotá D.C., el tamaño promedio del hogar es de 2,6 personas, consolidándose como uno de los más bajos entre los territorios en Colombia. Este valor se mantiene constante en la cabecera municipal, que concentra la mayoría de las viviendas y hogares del distrito mientras que, en los centros poblados y rural disperso, el promedio de personas por hogar asciende a 3,1, mostrando un comportamiento similar al de las zonas rurales del país.

A nivel departamental, Cundinamarca presenta un tamaño promedio del hogar es de 2,7 personas, ligeramente superior al observado en Bogotá D.C. Mientras que a nivel Nacional el promedio de hogares en Colombia es de 2,86 personas por hogar.

10.1.2. Escolaridad y capital humano

Bogotá D.C. presenta los niveles más altos de escolaridad promedio en comparación con todos los departamentos de Colombia, con 10,7 años de educación, superando de manera significativa el promedio nacional de 9,6 años. Este resultado refleja una alta acumulación de capital humano, asociada a una mayor oferta educativa, mayores tasas de permanencia escolar y una amplia disponibilidad de instituciones de educación superior.

El análisis por grupos de edad evidencia una trayectoria educativa favorable en la ciudad. La población entre 25 y 34 años alcanza en promedio 13,3 años de educación, lo que indica una elevada participación en educación técnica, tecnológica y superior. Asimismo, el grupo de 35 años y más registra 11,5 años promedio. Si bien Bogotá es predominantemente urbana, los datos de centros poblados y rural disperso muestran un promedio de 7,4 años de educación, inferior al total de la ciudad y evidenciando brechas internas.

Abarcando la zona metropolitana, Cundinamarca presenta un promedio de 8,5 años de educación, inferior tanto al de Bogotá como al promedio nacional. Las cabeceras municipales alcanzan 8,9 años, mientras que las zonas rurales se sitúan en 7,1 años.

10.1.3. Pobreza monetaria

La incidencia de la pobreza monetaria en Bogotá D.C. se sitúa en 19,6 %, reflejando condiciones relativamente favorables en términos de ingresos y acceso a oportunidades económicas. Este resultado está asociado al mayor dinamismo del mercado laboral urbano, la concentración de actividades productivas y la oferta de servicios presentes en el distrito capital. Como referencia regional, el departamento de Cundinamarca presenta un nivel de pobreza monetaria del 20,1 %, cifra cercana a la registrada en Bogotá D.C., lo que evidencia una situación socioeconómica similar dentro del contexto del centro del país.

10.1.4. Índice de Pobreza multidimensional (IPM)

En 2024, la pobreza monetaria a nivel nacional se ubicó en 11,5 %, lo que permite dimensionar el desempeño relativo de Bogotá D.C. y Cundinamarca, ambos con resultados significativamente más favorables que el promedio país. Estos territorios se consolidan como referentes de menores niveles de pobreza, aunque mantienen brechas internas asociadas al área de residencia.

Bogotá D.C. presenta la menor incidencia de pobreza monetaria entre los territorios analizados, con una tasa del 5,4 %, menos de la mitad del promedio nacional. Este resultado refleja una mayor capacidad de generación de ingresos, una estructura económica diversificada y un mercado laboral más dinámico. Dado su carácter predominantemente urbano, la incidencia de pobreza es homogénea entre el total y las cabeceras municipales con un valor de 5,4 %. No obstante, en los centros poblados y rural disperso, la pobreza asciende a 10,8 %, lo que evidencia la existencia de brechas internas y situaciones de vulnerabilidad en zonas periurbanas y rurales, aunque en niveles cercanos al promedio nacional.

Por su parte, Cundinamarca registra una pobreza monetaria del 7,4 %, también inferior al promedio nacional, pero superior a la observada en Bogotá. En las cabeceras municipales, la incidencia alcanza el 6,8 %, mientras que en los centros poblados y rural disperso aumenta hasta 9,4 %, reflejando brechas territoriales moderadas.

10.1.5. Tenencia y uso de equipos

El clima frío se caracteriza por temperaturas bajas y una menor amplitud térmica diaria, condiciones que inciden de manera directa en las necesidades de climatización de los hogares y en sus decisiones de equipamiento doméstico. A diferencia de los climas cálidos, en estos territorios adquieren mayor relevancia los dispositivos asociados al calentamiento de espacios y agua. En este contexto, la tenencia de electrodomésticos constituye un indicador relevante de las condiciones socioeconómicas, el acceso a servicios energéticos y las diferencias entre el total departamental y las cabeceras. La siguiente tabla presenta la información correspondiente a esta categoría climática que sirve de base para el análisis socioeconómico y energético desarrollado a continuación.

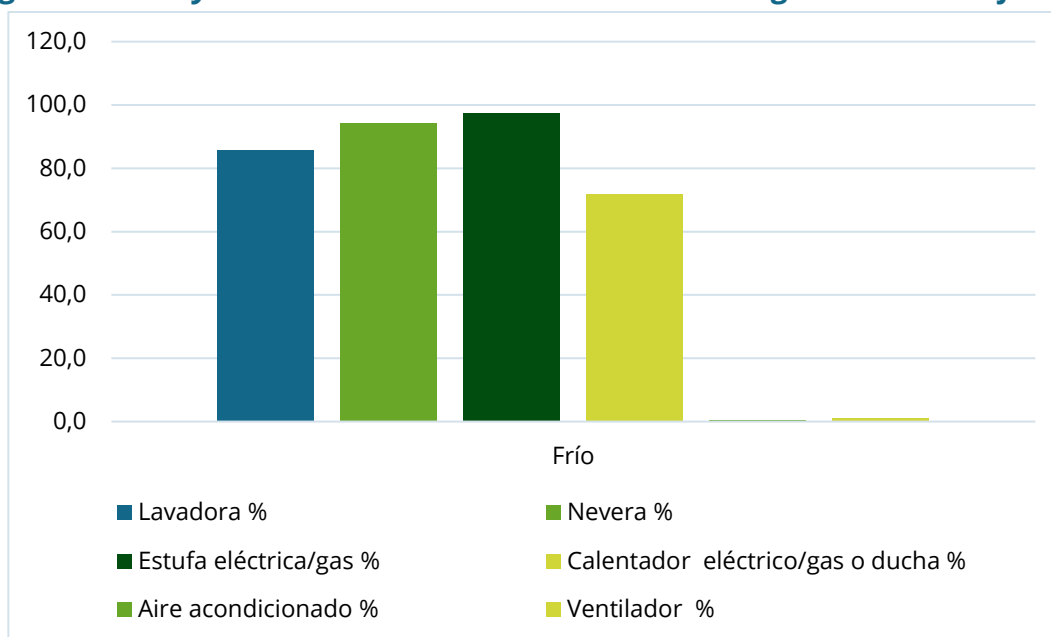
Tabla 5. Tenencia y uso de electrodomésticos en hogares de clima templado, total distrital y cabeceras

Distrito	Área	Lavadora		Nevera		Estufa eléctrica/gas		Calentador eléctrico/gas o ducha		Aire acondicionado		Ventilador o abanico	
		Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Bogotá D.C.	Total	2.658	85,8	2.922	94,3	3.016	97,3	2.227	71,9	15	0,5	31	1,0
	Cabecera	2.651	85,9	2.913	94,4	3.006	97,3	2.221	71,9	15	0,5	31	1,0

Fuente: *Elaboración propia*

La siguiente figura presenta el porcentaje total de uso y tenencia de equipos en clima frío para Bogotá, D.C.

Figura 3. Uso y tenencia de electrodomésticos en hogares de clima frío



Fuente: *Elaboración propia*

En clima frío, correspondiente a Bogotá D.C., los datos evidencian un alto grado de consolidación del equipamiento doméstico, coherente con un contexto urbano de amplia cobertura de servicios y mayor capacidad de acceso a bienes durables.

La lavadora presenta una tenencia elevada, alcanzando 85,8 % del total de hogares y 85,9 % en cabeceras, lo que confirma su incorporación generalizada como parte del equipamiento

básico del hogar. La nevera muestra una cobertura superior al 94 %, consolidándose como un electrodoméstico esencial e ininterrumpido en el funcionamiento cotidiano de los hogares.

La estufa alcanza niveles cercanos a la universalidad, con una tenencia de 97,3 % tanto en el total de hogares como en cabeceras. Este comportamiento no solo refleja su carácter indispensable para la preparación de alimentos, sino también la alta dependencia de fuentes energéticas modernas en un entorno urbano densamente poblado, donde la cocción se encuentra plenamente integrada a los servicios domiciliarios formales.

El calentador de agua se posiciona como un equipo estructuralmente relevante en esta categoría climática, con una cobertura de 71,9 % en el total de hogares y en cabeceras. Su elevada presencia responde a una necesidad permanente derivada de las bajas temperaturas, así como a estándares urbanos de confort e higiene que incrementan la demanda energética asociada al uso de agua caliente.

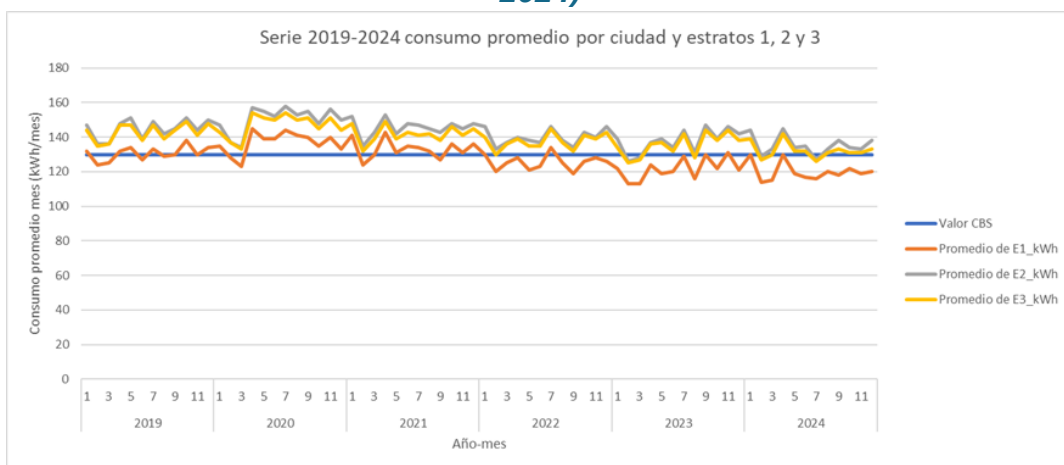
En contraste, los equipos vinculados al enfriamiento presentan una presencia marginal. El aire acondicionado apenas alcanza 0,5 % y el ventilador 1,0 %, lo que confirma que en el clima frío las necesidades de climatización no se orientan al control del calor, sino al calentamiento y al sostenimiento de condiciones térmicas básicas. En conjunto, este patrón de tenencia evidencia una adaptación clara del equipamiento doméstico al entorno climático y define un perfil de consumo energético residencial dominado por usos térmicos y esenciales.

10.2. Análisis de la serie 2019–2024 de Consumos de Energía Eléctrica en Relación con el Consumo Básico de Subsistencia (CBS)

El caso de Bogotá es especial, dado que no tiene una condición de comparación regional, como sucede en los otros tres grupos.

Figura a continuación muestra la serie de consumos en el rango de tiempo analizado, desde 2019 a 2024.

Figura 44. Consumo promedio de energía eléctrica - Bogotá (2019 - 2024)



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores.xlsx con información recopilada del SUI (2025)

A continuación, algunas conclusiones directas de la observación:

1. La geometría de las tres curvas es muy similar, para los tres estratos, al igual que la cercanía existente entre los estratos dos y tres.
2. El incremento del consumo de energía eléctrica es notorio durante el año 2020, pero la diferencia del consumo no es muy elevada.
3. Generalmente, y con una diferencia pequeña, el estrato dos está ligeramente por encima del estrato tres.
4. Aproximadamente la mitad del tiempo analizado (desde 2022 a 2024), el estrato 1 está por debajo de la línea del consumo de subsistencia. Los estratos dos y tres, por otra parte, generalmente se encuentran por encima de ese nivel.

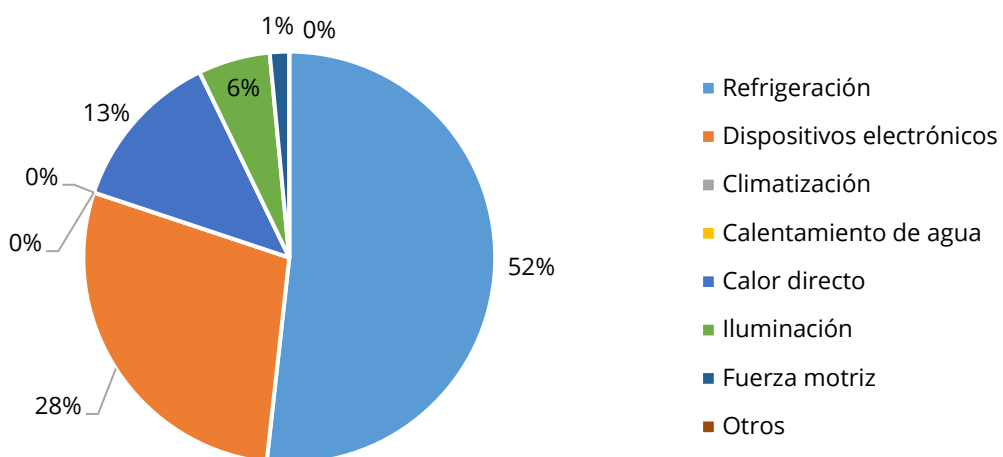
10.3. Consumo de energía eléctrica

Para complementar el análisis histórico frente al Consumo Básico de Subsistencia (CBS), esta sección presenta los avances en la estimación del consumo eléctrico a partir de los ejercicios de caracterización en campo. La aproximación utilizada integra la identificación de equipos presentes en los hogares, sus patrones de uso, y la validación gradual de estos consumos con la información reportada en las facturas, lo que permite construir una primera línea base del comportamiento energético en los municipios estudiados.

10.3.1. Mediciones

En Bogotá, el consumo total mensual de los hogares analizados del estrato 1 se ubica en un intervalo aproximado entre 105 y 240 kWh/mes. Dentro de este rango, se observa una alta participación de los dispositivos electrónicos, asociados principalmente a televisores, computadores portátiles, consolas, routers y equipos de sonido, que representan una fracción significativa del consumo. La refrigeración, a través del uso de nevera, mantiene una presencia constante en ambos hogares, mientras que la iluminación presenta variabilidad, con mayor peso en uno de los casos analizados. Adicionalmente, se identifica un aporte relevante de la fuerza motriz, explicado por el uso de lavadora, aspiradora y otros electrodomésticos similares. El calentamiento de agua y la categoría de otros usos tienen una participación marginal en el consumo total.

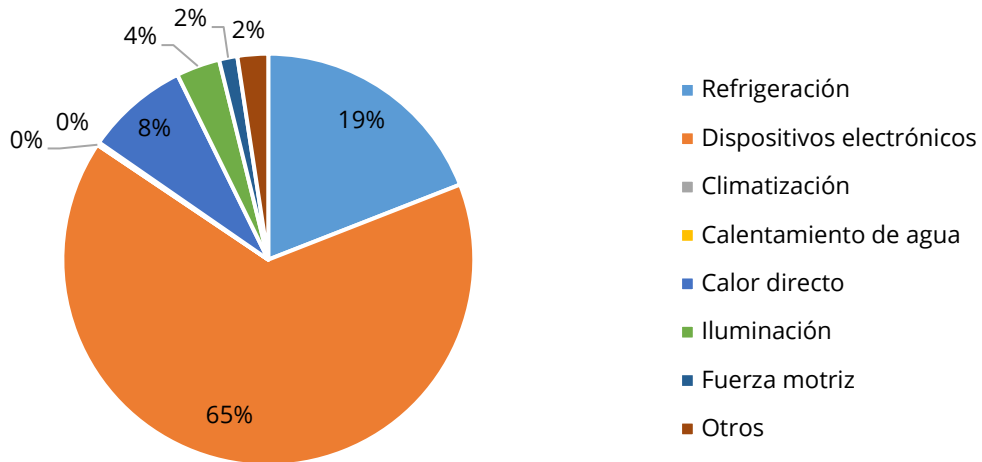
Figura 45. Uso de la energía medido en Bogotá - estrato 1



Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

El consumo total mensual del hogar analizado en el estrato 4 se sitúa alrededor de 250 kWh/mes. El patrón de consumo está dominado por los dispositivos electrónicos, incluyendo múltiples televisores, equipos de entretenimiento, computadores, impresoras y dispositivos de red, lo que refleja una mayor diversificación tecnológica en el hogar. La refrigeración continúa siendo un uso relevante mediante la nevera, mientras que el calor directo adquiere mayor importancia frente a estratos inferiores, asociado al uso de cafetera y freidora. La iluminación y la fuerza motriz presentan una participación menor, y el calentamiento de agua tiene un aporte reducido dentro del balance energético del hogar.

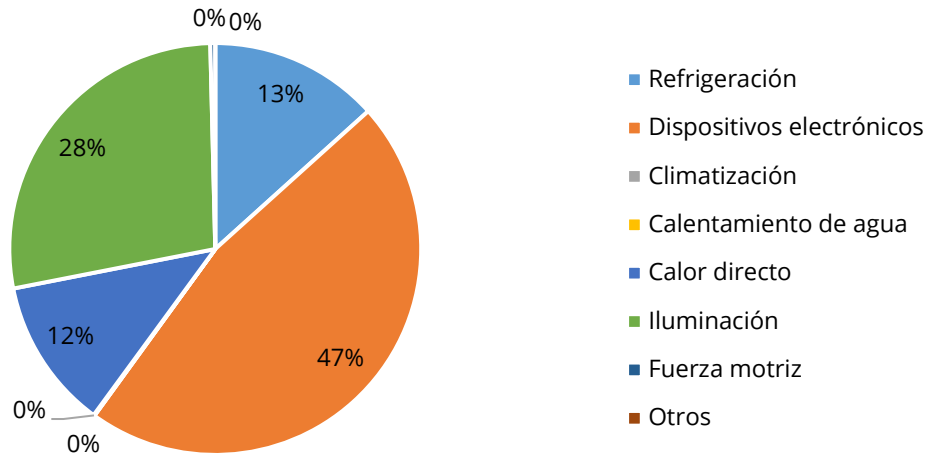
Figura 46. Uso de la energía medido en Bogotá - estrato 4



Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

El consumo total mensual del hogar del estrato 6 analizado se encuentra alrededor de 176 kWh/mes. En este estrato, la iluminación representa una proporción significativa del consumo, seguida por los dispositivos electrónicos, entre los que se destacan televisores, consola de videojuegos, router y computador portátil. La refrigeración, correspondiente al uso de nevera, mantiene una participación moderada. El calor directo aparece asociado a electrodomésticos de cocina como cafetera, horno y freidora, mientras que la fuerza motriz y el calentamiento de agua presentan contribuciones marginales dentro del consumo total del hogar.

Figura 47. Uso de la energía medido en Bogotá - estrato 6

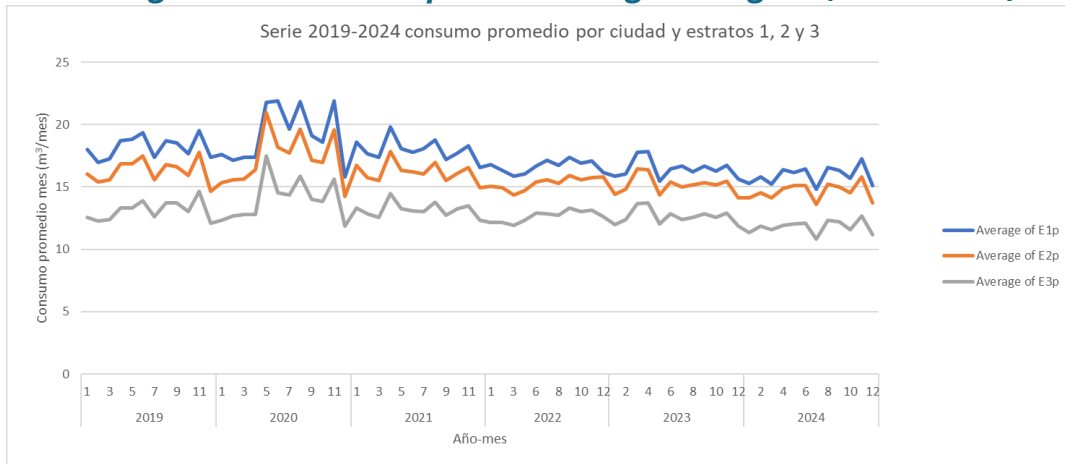


Fuente: elaboración propia con la información recopilada en las mediciones

10.4. Consumo de gas

La figura que se muestra a continuación presenta el consumo de gas en Bogotá.

Figura 48. Consumo promedio de gas - Bogotá (2019 - 2024)



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores -Gas.xlsx realizado con información recopilada del SUI (2025)

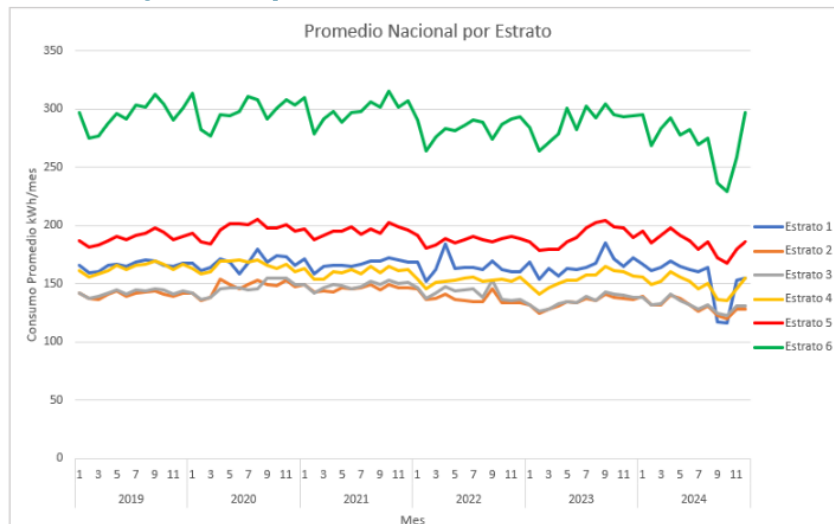
1. El consumo promedio de gas en Bogotá muestra un incremento importante al inicio del año 2020, que se prolonga hasta finales de ese mismo año. En 2021 recupera valores promedio cercanos a los que venían en 2019.
2. El estrato tres está por debajo de los promedios de consumo al compararlos con los estratos uno y dos.
3. Las formas de las líneas son muy cercanas para los tres estratos analizados.
4. La recuperación de los niveles posteriores al año 2021, son cercanas a las del año 2019, pero se observa que tienen a ser ligeramente inferiores.

11. Análisis de promedios de consumo eléctrico y de gas por red nacionales y regionales por estrato

11.1. Consumos promedio nacionales consolidados de energía eléctrica

Uno de los propósitos relevantes de este informe corresponde a la verificación de que los consumos de subsistencia tengan una valoración apropiada dentro del contexto nacional. La legislación y regulación vigentes consideran que, para el caso de la electricidad, los promedios válidos para la cuantificación máxima de los subsidios están valorada en 173 kWh/mes para altitudes menores a 1000 msnm y 130 kWh/mes para las altitudes superiores.

Figura 49. Consumos promedios consolidados de energía nacional estratificados, para la serie de 2019 a 2024 en kWh



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx

Sin considerar algunos saltos esporádicos presentes en la información, el primer punto que salta a la vista es que el estrato uno tiene valores de consumo de energía promedio, superior a los estratos dos, tres y cuatro.

Sin tomar en consideración el estrato uno, puede observarse que los estratos dos y tres están por debajo, en el promedio nacional, que los estratos superiores. También sobre esta base se nota que los estratos cinco y seis consumen mucho más que los demás; en particular, la distancia del estrato seis es muy considerable con respecto a los demás.

El promedio nacional se encuentra por debajo de los 200 kWh, para los estratos uno a cinco, mientras que el estrato seis, casi siempre se encuentra por encima de los 250 kWh.

11.2. Consumos promedio regionales consolidados de energía eléctrica

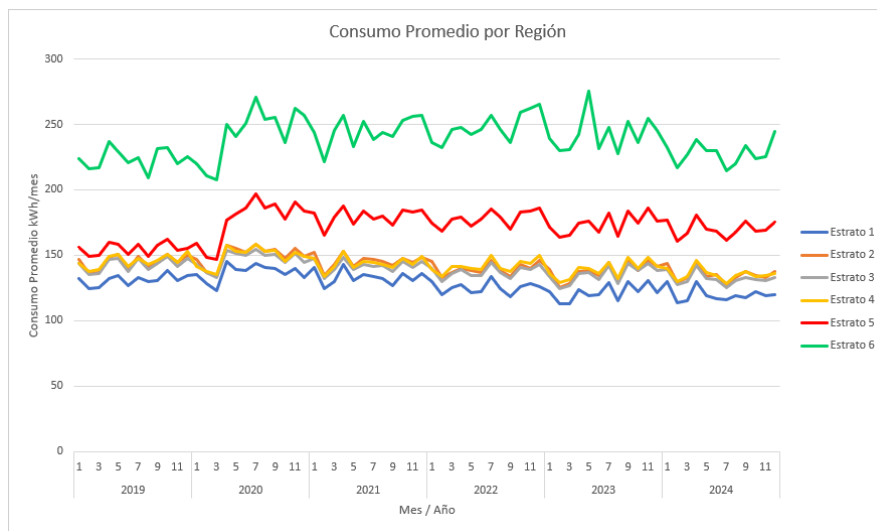
Las regiones involucradas definidas para este análisis se describen en la siguiente lista:

- Bogotá D.C.
- Región Antioquia.
- Región Atlántica.

- Región Central.
- Región Oriental.
- Región Orinoquía – Amazonía.
- Región Pacífica.

La separación de Bogotá de la región central se debe esencialmente a que por su densidad poblacional el sesgo que produciría sería muy grande, lo que implicaría que la región central estaría muy dominada por ella. Sabemos, también, que la región Pacífica tiene como componente central a Cali, pero el consumo en otras ciudades o poblaciones simplemente se asume como adición. En la región Antioquia, el valle de Aburrá es dominante, igualmente, en la región Atlántica, se espera que Barranquilla sea dominante, pero como se vio anteriormente, Santa Marta es un caso muy atípico para el estrato 1. De la región Orinoquía – Amazonía no se hará mención, puesto que la información obtenida es insuficiente.

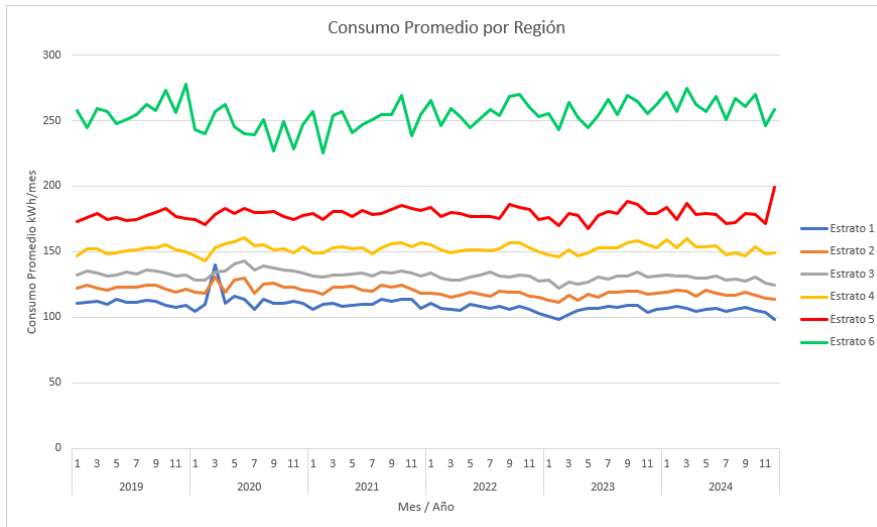
Figura 50. Consumo promedio por estrato 2019 a 2024 en kWh en Bogotá



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx

En esta región, se puede notar que los estratos uno, dos, tres y cuatro son muy similares en sus consumos promedio. A partir de inicios del año 2020 el consumo en estrato cinco se ha incrementado, no ha retornado a los valores de 2019 y se acerca a los 200 kWh, sin sobrepasarlo. El estrato 6 muestra un incremento a partir del año 2020, y se ha mantenido, con oscilaciones alrededor de los 250 kWh de promedio mensual. Los demás estratos en Bogotá tuvieron un incremento en 2020, y desde el año 2022 se ha estabilizado el consumo, ligeramente por debajo de los niveles de 2019.

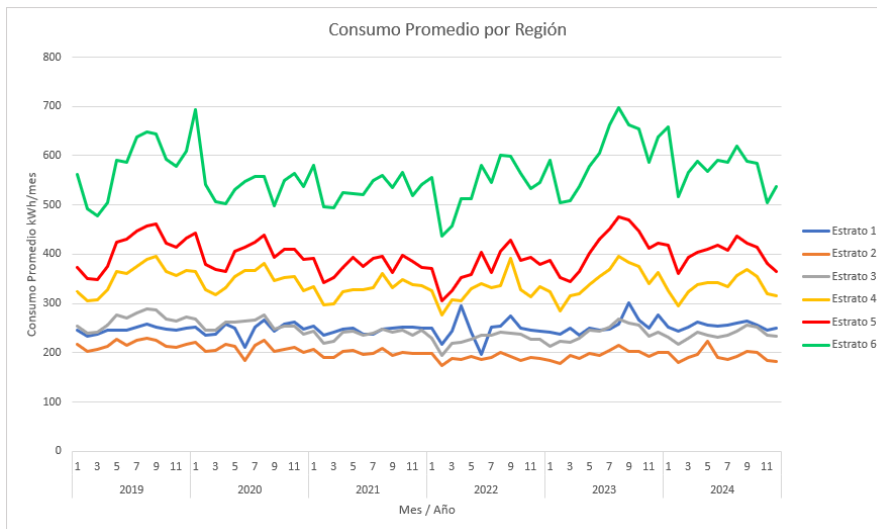
Figura 51. Consumo promedio por estrato 2019 a 2024 en kWh en región Antioquia



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx

En la región Antioquia aparece una estabilidad en el consumo promedio, notable a lo largo de todo el tiempo considerado. El orden de la estratificación aparece muy estricto, por lo que se podría deducir que las metodologías de estratificación en la región son muy adecuadas. Desde el punto de vista de región, no se notan cambios sistemáticos a lo largo del tiempo, en el consumo promedio.

Figura 52. Consumo promedio por estrato 2019 a 2024 en kWh en región Caribe

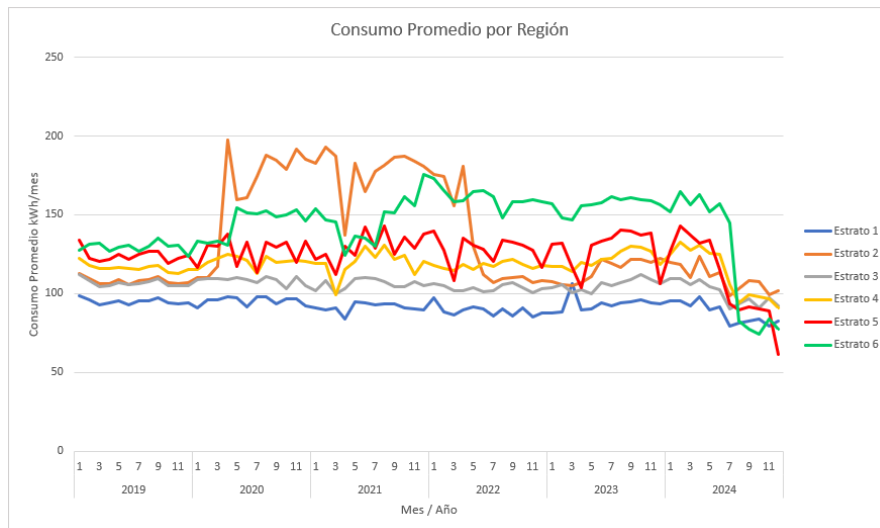


Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx

La región atlántica presenta condiciones peculiares, la primera, que el estrato uno se encuentra casi consistentemente por encima de los estratos dos y tres, efecto que puede explicarse, entre otros factores por una deficiente estratificación; posiblemente una investigación específica se requiera para explicar algunas de las condiciones. Otro factor relevante en este caso corresponde a la uniformidad de la región en términos de

temperatura, factor que admite parte de la explicación relacionada con mayores requerimientos de energía, que en otras zonas del país. En la gráfica puede notarse que el consumo promedio mínimo, está cerca de los 200 kWh, que bien puede explicarse a partir de las consideraciones de temperatura. Finalmente se evidencia que los estratos medios y altos, siempre están por encima de los 300 kWh de promedio de consumo de energía eléctrica.

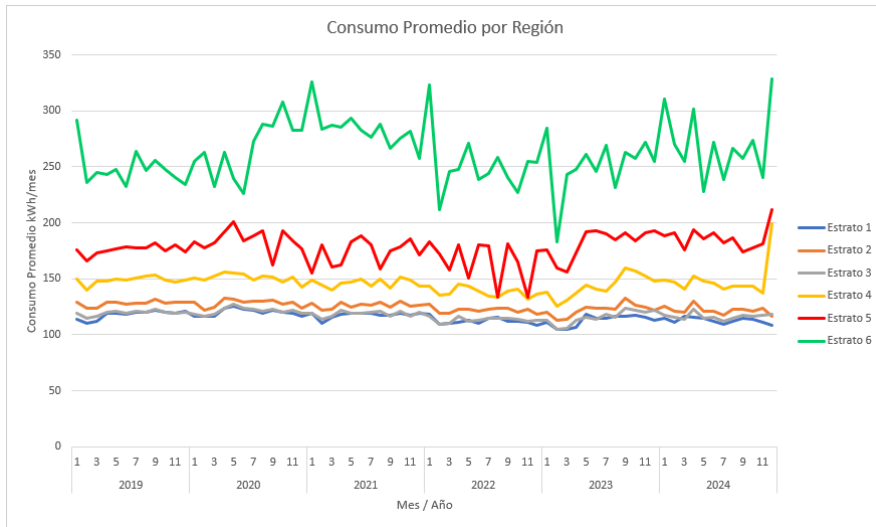
Figura 53. Consumo promedio por estrato 2019 a 2024 en kWh en región Central



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx

La región central está caracterizada por ser una zona de cordilleras y valles, con una variabilidad climática que se puede considerar extrema; en ella se encuentran zonas como parte del Valle del Magdalena y el Valle del Río Cauca, ambas zonas de temperaturas muy altas y humedades de alta variabilidad, y, por otra parte, las cordilleras con sus climas variables, las montañas de cordillera más altas del país. La gráfica muestra exactamente esas condiciones que bien pueden describirse como altamente variables. Sin embargo, es muy conveniente considerar que los rangos de consumo energético no son extremos como parecería al observar la gráfica, ya que prácticamente toda está entre los 100 kWh y los 200 kWh.

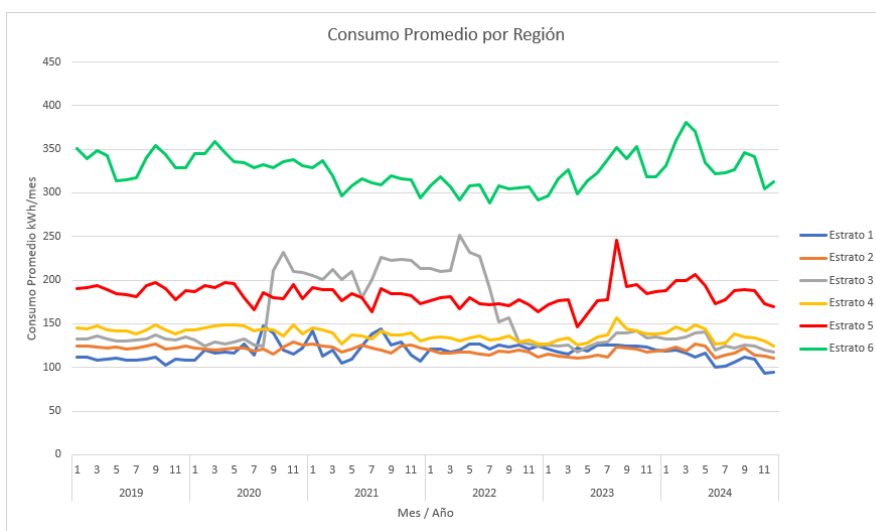
Figura 54. Consumo promedio por estrato 2019 a 2024 en kWh en región Oriental



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx

La región Oriental es similar a la región Central en el sentido de la variabilidad climática, pero no tiene la diversidad de alturas en la misma dimensión. Sin embargo, la gráfica no muestra el mismo tipo de variabilidad que podría observarse en la región Central. En esta región el estrato seis es muy diferenciados del resto, y el consumo promedio de este estrato, también hace una diferencia. Se puede notar que la estratificación es aparentemente ordenada y parece ser adecuadamente realizada. Descontando el estrato seis, puede notarse que los rangos de consumo son equivalentes a los de la región Central, es decir entre 100 y 200 kWh. En estrato dos, por otra parte, siempre esta, en términos de consumo promedio, por encima del estrato tres.

Figura 55. Consumo promedio por estrato 2019 a 2024 en kWh en región Pacífica

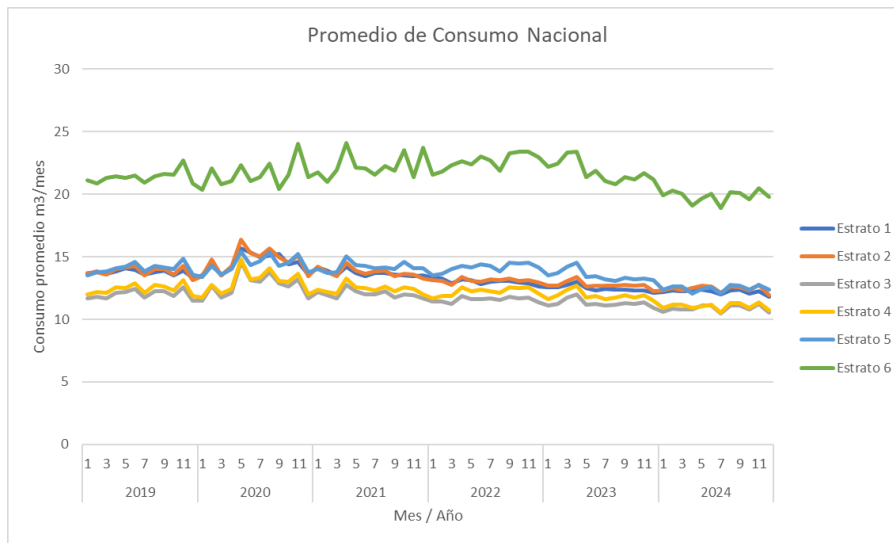


Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx

Esta región está caracterizada por tener una zona selvática vecina de la costa pacífica, más la cordillera occidental. Una zona de muy alta humedad en la selva y una cordillera con altitudes que pueden superar los 4 mil msnm; por lo tanto, se encuentra muy alta variabilidad climática. Al observar las tendencias, parece notarse que solamente el estrato tres se vio afectado, desde el punto de vista del consumo promedio, por la pandemia del COVID 19. El estrato seis, por otra parte, se nota muy distanciado de los demás, con un consumo promedio solamente superado por la región caribe.

11.3. Consumos promedio nacionales consolidados de gas natural

Figura 56. Consumo promedio de gas natural nacional para el rango de 2019 a 2024

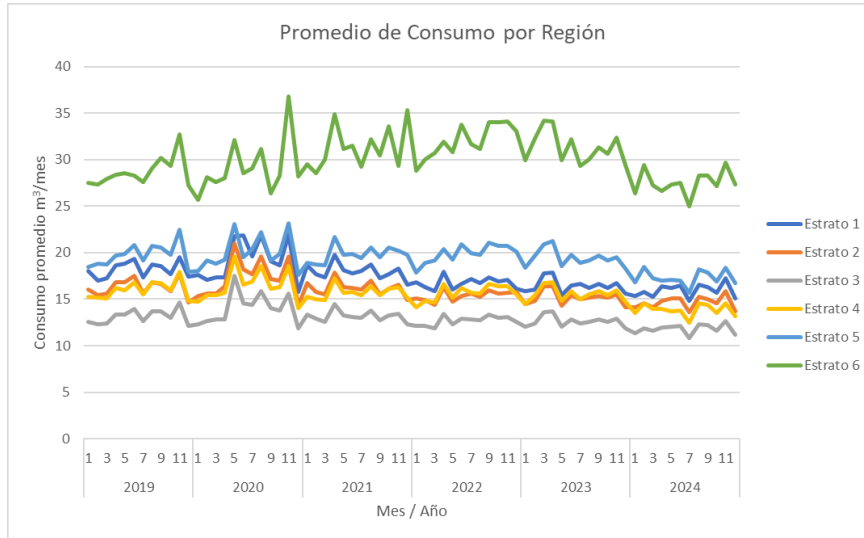


Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm

Esta figura muestra algunas características relevantes. En primer lugar, descontando el estrato seis, todos los consumos promedio están casi completamente contenidos en la franja entre 10 y 15 metros cúbicos mensuales, mientras que, en todo el periodo, el estrato seis se encuentra por encima de los metros cúbicos por mes en promedio. Los estratos 1 y 2, por otra parte, tienen consumos superiores a los estratos tres y cuatro; esto no implica que la estratificación sea errónea, dado que este combustible es utilizado para cocinar y calentar agua, de manera casi exclusiva. Finalmente puede observarse, en el promedio nacional, exceptuando al estrato seis, que se presentó un incremento del consumo en el inicio de 2020, lo que significa que es observable la aparición de la pandemia en todos los estratos, con excepción del estrato seis.

11.4. Consumos promedio regionales de gas natural

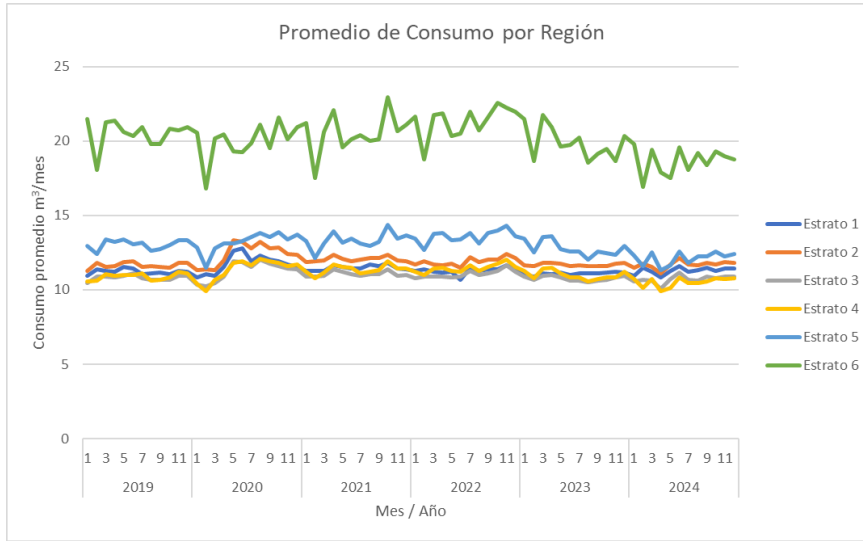
Figura 57. Consumo promedio de gas natural en Bogotá para el periodo 2019 - 2024



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm

La figura presenta los consumos promedio para los seis estratos en Bogotá. Es claro que el consumo de gas natural es elevado en la ciudad. Sin considerar el estrato seis se observa que los cinco estratos restantes se pueden ver como agrupados. El estrato uno se encuentra por encima de dos, tres y cuatro; sin más información no puede concluirse por qué razón se presenta esta condición. El estrato tres es el que menos gas consume en la ciudad, en promedio. Al inicio del año 2019 se observa un incremento en todos los estratos, exceptuando al seis. Finalmente se observa estabilidad en el promedio de consumo después del salto debido a la epidemia de COVID 19. Descontando al estrato seis, se observa una banda de consumo en los estratos uno a seis, localizada por encima de 10 metros cúbicos y por debajo de 24 metros cúbicos.

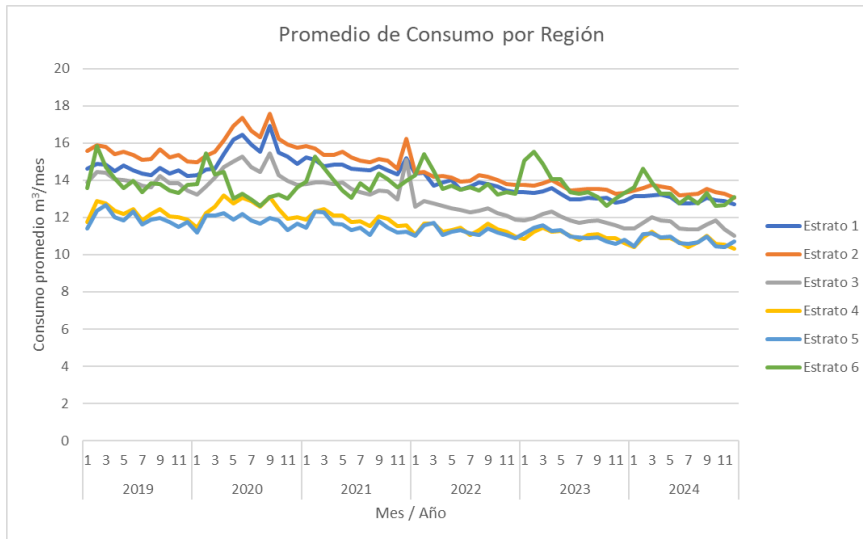
Figura 58. Consumo promedio de gas natural en la Región Antioquia para el periodo 2019 - 2024



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm

En la región Antioquia, se nota con claridad uniformidad del consumo en la banda de 10 a 14 metros cúbicos, si se excluye al estrato seis. Igualmente se observa agrupamiento de los primeros cuatro estratos iniciales, pero el estrato cinco no se encuentra lejos de ese agrupamiento; el estrato seis, por otra parte, se encuentra lejos y el promedio oscila alrededor de 20 metros cúbicos cada mes.

Figura 59. Consumo promedio de gas natural en la Región Caribe para el periodo 2019 - 2024

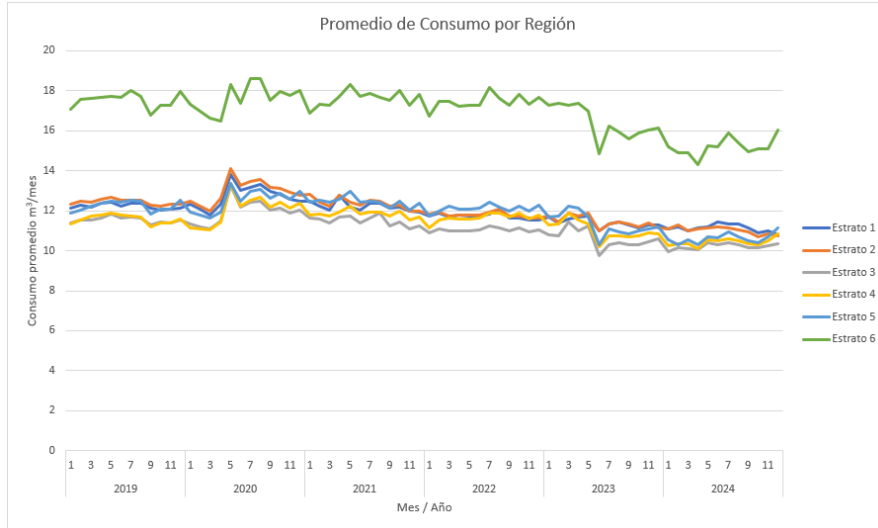


Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm

Las tendencias de consumo en esta región se presentan en una banda entre 10 y 16 metros cúbicos para prácticamente todo el periodo de referencia, con excepción de la temporada de pandemia durante el año 2020. Dentro de las particularidades específicas regionales, se puede observar que los estratos uno y dos consumen volúmenes mayores que los demás, incluyendo al estrato 6. Los estratos tres y cuatro, son los que consumen el menor volumen

promedio a lo largo del periodo analizado. Una tendencia a un ligero descenso en el volumen promedio consumido en todos los estratos, con excepción del estrato seis.

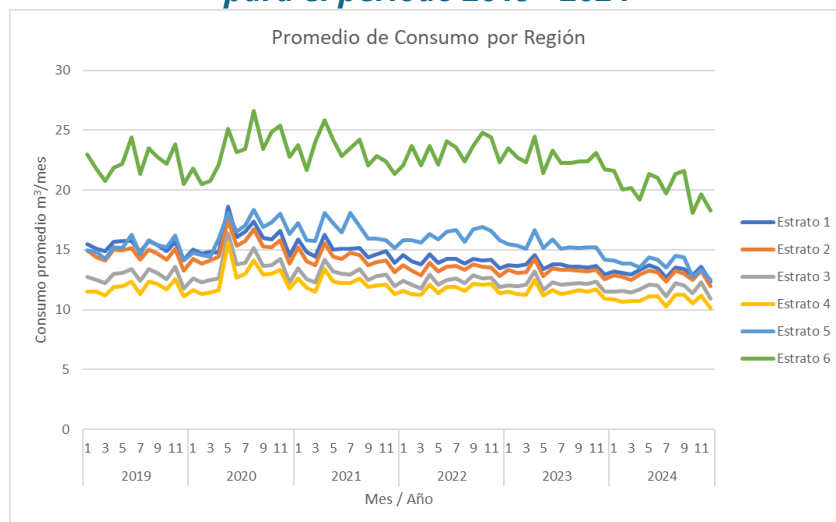
Figura 60. Consumo promedio de gas natural en la Región Central para el periodo 2019 - 2024



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm

La región central se puede caracterizar por un consumo casi uniforme entre los estratos uno a cinco, durante todo el periodo, en una banda entre 11 y 13 metros cúbicos en promedio; el estrato seis, por otra parte, tiene un consumo que se mueve entre 15 y 17 metros cúbicos en promedio. A partir de la mitad del año 2023, se muestra un pequeño descenso continuo hasta el fin del periodo. El estrato dos muestra una tendencia a consumir algo más, pero las diferencias son muy poco relevantes dentro de todo el periodo, dado que los estratos uno a cinco, pueden observarse muy similares.

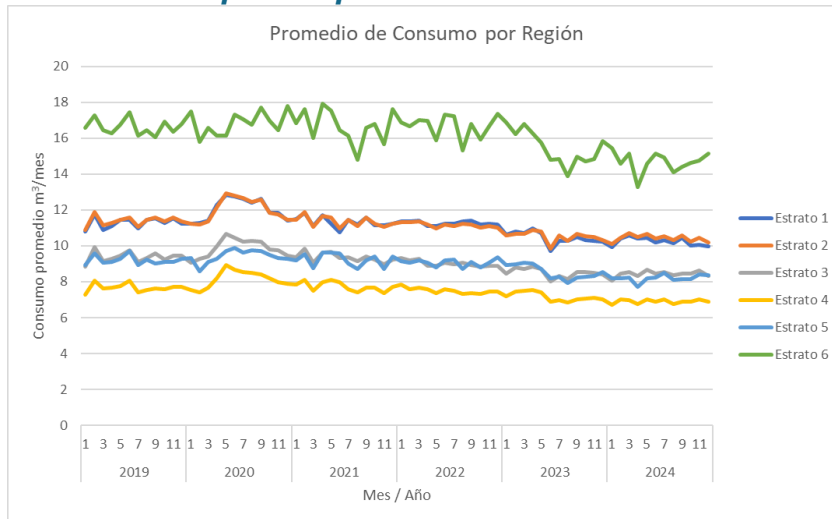
Figura 61. Consumo promedio de gas natural en la Región Oriental para el periodo 2019 - 2024



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsm

En la región Oriental se observan ciertas particularidades, como un paralelismo entre los estratos uno a cuatro y un crecimiento en el consumo promedio a partir del mes de marzo de 2020, que se prolonga hasta el año 2021. Con excepción del estrato seis, casi todo el consumo está en la banda de 10 a 17 metros cúbicos en promedio mensual; el estrato seis, por otra parte, está por encima de los 20 metros cúbicos en promedio. A partir del final de 2021, el volumen consumido parece estabilizarse en niveles similares (aunque ligeramente inferiores) a los del año 2019.

Figura 62. Consumo promedio de gas natural en la Región Pacífica para el periodo 2019 - 2024



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia *ConsumosYSuscriptores 20151208 v4 - Gas.xlsm*

La región Pacífica presenta los volúmenes promedio más bajos de todas las regiones consideradas. Se nota un incremento del consumo promedio al inicio del año 2020, que parece sistemático para todos los estratos, con excepción del seis, que muestra una estabilidad relativa hasta el año 2023. Como un fenómeno que no es generalizable pero sí común, se nota que los estratos más bajos, uno y dos, consumen volúmenes de gas natural superiores a los estratos más altos, exceptuando al estrato seis. Igualmente, hay cierta tendencia en casi todas las regiones analizadas, a reducir ligeramente el consumo en los últimos dos años del periodo analizado. Igualmente, se nota estabilidad en los últimos años, que casi en todos los casos está algo por debajo de los niveles de 2019.

12. Matrices de caracterización del consumo energético del sector residencial en Colombia

12.1. Evaluación de temperatura vs Consumo de energía eléctrica

En este numeral se revisará la condición de consumo de energía eléctrica, comparada con los rangos de temperatura extremos para algunas de las ciudades objeto de este análisis.

El primer ejercicio realizado corresponde a la comparación con las temperaturas máxima y mínima obtenida del IDEAM, se revisan por piso térmico comparaciones en la serie de datos entre el 2019, 2020 y 2024, para evaluar comportamiento pre-pandemia, pandemia y los históricos recientes.

En el segundo grupo de evaluación se trató de comparar contra el Índice de Calor (**Heat Index - HI**) incluyendo temperatura y humedad, pero únicamente el año 2024. La metodología para obtener este índice se detalla en el aparte C del Anexo1.

12.1.1. Piso térmico Cálido Húmedo

Figura 63. Mosaico de consumos Estrato 1 para los años 2019, 2020 y 2024 comparado con las temperaturas máxima y mínima

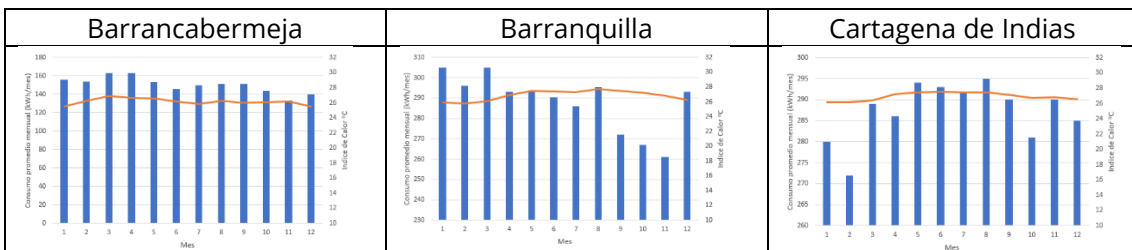


La **línea gris** corresponde a la temperatura máxima y la **línea naranja** a la temperatura mínima
 Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx

El mosaico de la figura muestra las ciudades de clima húmedo, en tres columnas para los años 2019, 2020 y 2024.

Una visualización horizontal muestra que no hay patrones evidentes para la misma ciudad al cambiar los años. Sin embargo, sí se observa una mayor relación entre la temperatura máxima y los consumos, en especial en Barrancabermeja. Para las ciudades de la Región Caribe la coincidencia no se presenta en todos los casos.

Figura 64. Mosaico de consumos Estrato 1 para el año 2024 comparado con el Índice de Calor



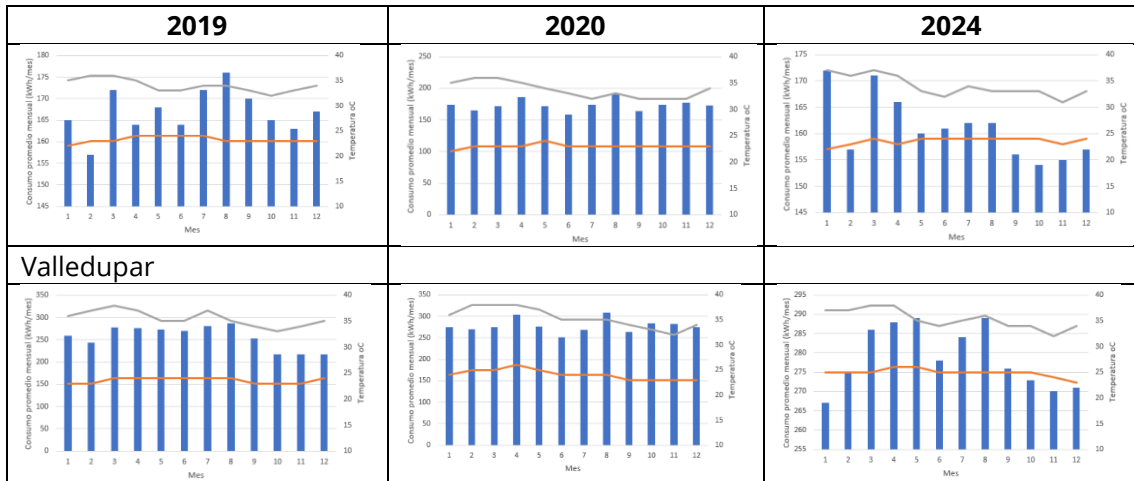
Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx

La metodología incorporada del cálculo de un índice de calor como variable climática sintética para evaluar la interacción entre temperatura y consumo de energía residencial, en lugar de utilizar únicamente la temperatura máxima, permite capturar de manera más precisa la sensibilidad climática del consumo, al integrar simultáneamente la intensidad térmica y las condiciones de confort percibidas por los hogares. El uso del índice de calor muestra una mayor correlación explicativa con el consumo de energía eléctrica, que puede estar reflejando mejor los umbrales a partir de los cuales los hogares incrementan el uso de equipos de aire acondicionado y ventiladores.

12.1.2. Piso térmico Cálido Seco

Figura 65. Mosaico de consumos Estrato 1 para los años 2019, 2020 y 2024 comparado con las temperaturas máxima y mínima





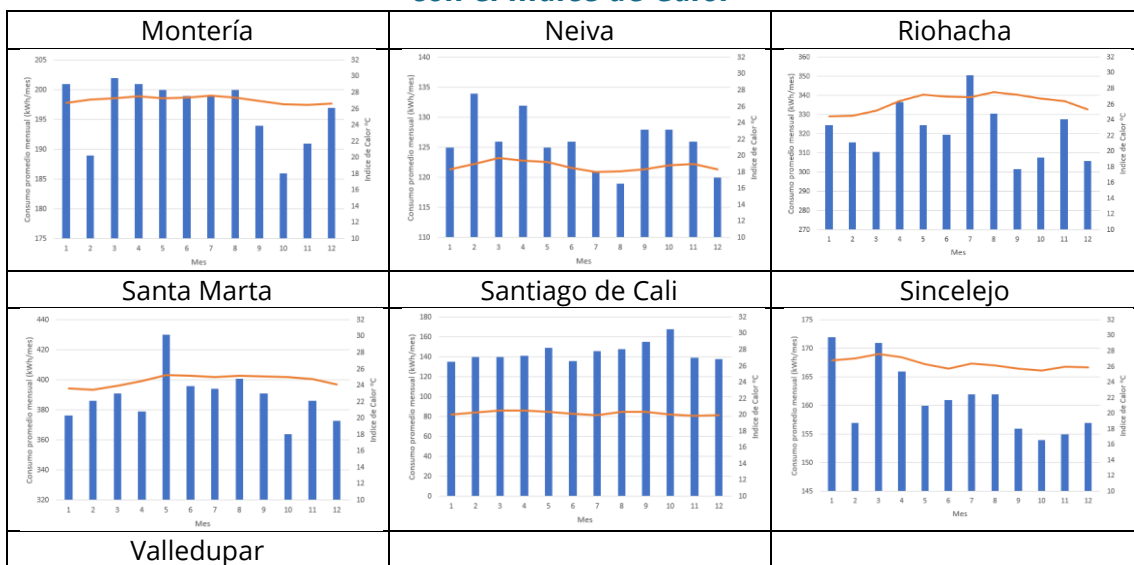
La **línea gris** corresponde a la temperatura máxima y la **línea naranja** a la temperatura mínima

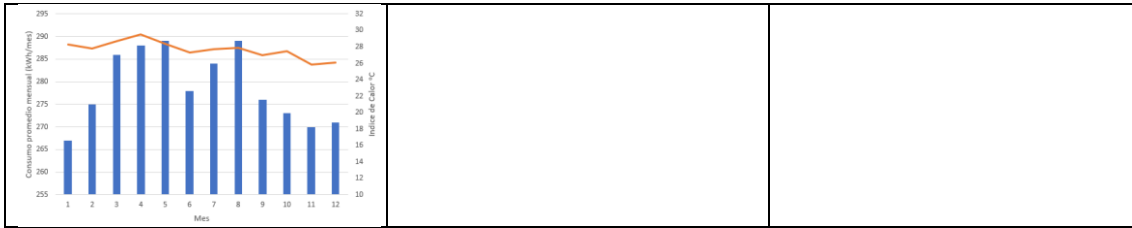
Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx

El mosaico de la figura, muestra las ciudades de clima seco, en tres columnas para los años 2019, 2020 y 2024. Los cuadros vacíos obedecen a que no se encontró la serie histórica de temperaturas en la página WEB dispuesta por el IDEAM para descargar los datos.

Al analizar las curvas de temperatura máxima y mínima para las siete ciudades de clima cálido seco en los años 2019 (prepandemia), 2020 (pandemia) y 2024 (año reciente), no se identifica una relación sistemática ni homogénea entre los incrementos de temperatura y los aumentos observados en el consumo residencial de energía eléctrica, lo que sugiere que la temperatura por sí sola no captura adecuadamente el mecanismo de respuesta de los hogares frente al estrés térmico. Aunque en casos puntuales, como Sincelejo, se observa una coincidencia temporal entre picos de temperatura y aumentos en el consumo, este patrón no se replica de manera generalizada en el conjunto de ciudades analizadas. Lo anterior refuerza la necesidad de emplear indicadores climáticos más integrales, como el índice de calor que se presenta a continuación.

Figura 66. Mosaico de consumos Estrato 1 para el año 2024 comparado con el Índice de Calor



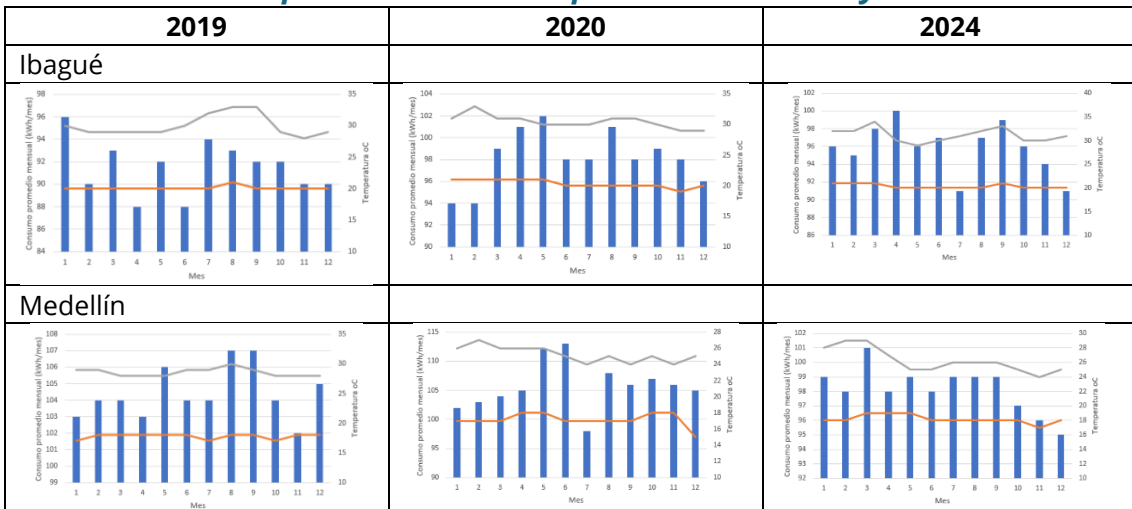


Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx

Para las siete ciudades, el análisis realizado para 2024 muestra que la utilización de un índice de calor, construido a partir de la combinación de temperatura y humedad, presenta una mayor correlación explicativa con el consumo residencial de energía eléctrica que el uso de la temperatura máxima o mínima de forma aislada. Dado que estas ciudades comparten un mismo piso térmico y presentan rangos de temperatura relativamente similares, la inclusión de la humedad permite capturar diferencias relevantes en la sensación térmica efectiva que enfrentan los hogares. El comportamiento observado sugiere que el índice de calor identifica con mayor precisión los umbrales a partir de los cuales se intensifica el uso de ventiladores y equipos de aire acondicionado, explicando por qué, aun sin aumentos marcados en la temperatura, se registran incrementos en el consumo eléctrico en determinadas ciudades o periodos.

12.1.3. Piso térmico Templado

Figura 67. Mosaico de consumos Estrato 1 para los años 2019, 2020 y 2024 comparado con las temperaturas máxima y mínima

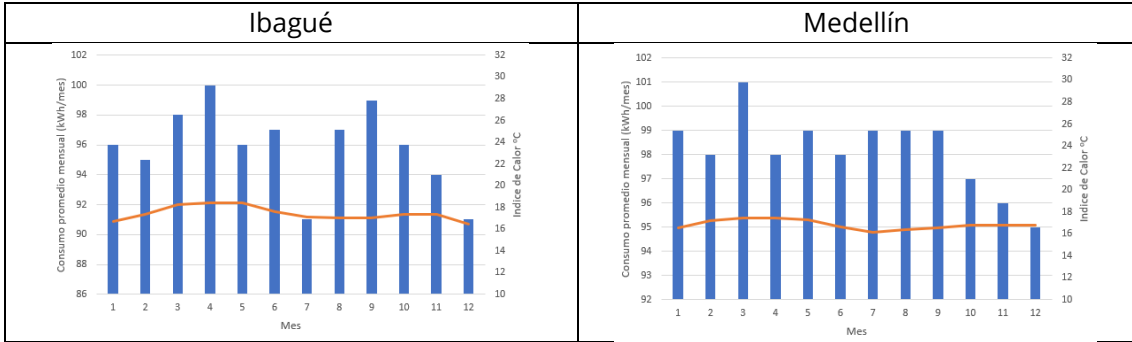


La **línea gris** corresponde a la temperatura máxima y la **línea naranja** a la temperatura mínima

Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx

Para el piso térmico templado, el análisis de las temperaturas máximas y mínimas y su relación con el consumo residencial de energía eléctrica en Medellín e Ibagué durante los años 2019, 2020 y 2024 muestra un comportamiento más consistente que el observado en los climas cálido húmedo y cálido seco. En particular, para 2019 y 2024 se evidencia que las variaciones intraanuales de la temperatura, tanto aumentos como descensos, coinciden temporalmente con incrementos y reducciones del consumo eléctrico, lo que sugiere una mayor sensibilidad directa del consumo frente a cambios de temperatura en este piso térmico. A diferencia del periodo 2020, afectado por las restricciones de movilidad y cambios en el uso del tiempo dentro del hogar, en los años pre-pandemia y recientes la temperatura parece actuar como un determinante más claro del consumo residencial.

Figura 68. Mosaico de consumos Estrato 1 para el año 2024 comparado con el Índice de Calor

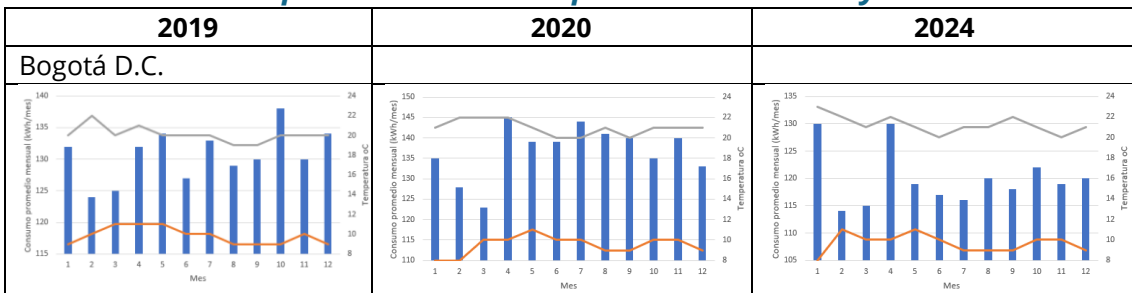


Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx

En el piso térmico templado, el análisis del índice de calor para el año 2024 en Medellín e Ibagué muestra que este indicador también presenta una coincidencia temporal clara con las variaciones del consumo residencial de energía eléctrica. Si bien la magnitud del efecto es sutil, la consistencia observada sugiere que el índice de calor capta de forma más robusta la señal climática para el comportamiento de la demanda residencial.

12.1.4. Piso térmico Frío

Figura 69. Mosaico de consumos Estrato 1 para los años 2019, 2020 y 2024 comparado con las temperaturas máxima y mínima

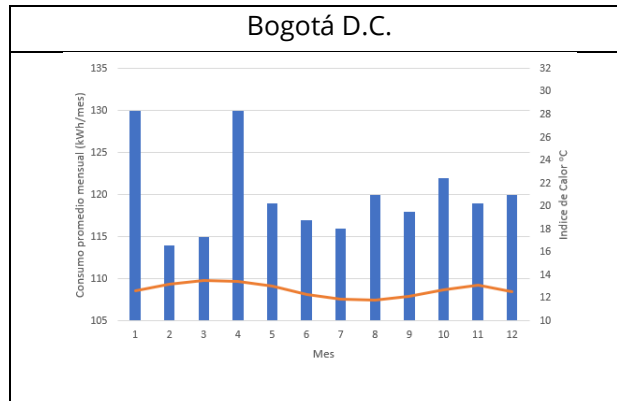


La línea gris corresponde a la temperatura máxima y la línea naranja a la temperatura mínima

Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx

Para el piso térmico frío, el análisis de las temperaturas máximas y mínimas y su relación con el consumo residencial de energía eléctrica en Bogotá durante los años 2019, 2020 y 2024 no evidencia una coincidencia clara ni consistente entre las variaciones térmicas y los cambios en el consumo. En ninguno de los años analizados se observa que los aumentos o disminuciones de la temperatura máxima o mínima se traduzcan sistemáticamente en incrementos o reducciones del consumo eléctrico, lo que sugiere una baja sensibilidad directa del consumo residencial a la temperatura en este clima.

Figura 70. Consumos Estrato 1 para el año 2024 comparado con el Índice de Calor



Fuente: Captura de pantalla del archivo de elaboración propia ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx

En el piso térmico frío, el análisis del índice de calor y su relación con el consumo residencial de energía eléctrica en Bogotá para el año 2024 tampoco muestra una coincidencia significativa entre las variaciones del indicador y los cambios observados en el consumo. Aun incorporando la interacción entre temperatura y humedad, el índice de calor no logra explicar de manera consistente los aumentos o reducciones del consumo eléctrico, lo que refuerza la evidencia de una baja sensibilidad climática de la demanda residencial en este contexto. Este resultado sugiere que, en climas fríos, el consumo eléctrico responde de forma limitada a variaciones en la sensación térmica.

13. Conclusiones

El análisis de la mediana de consumo mensual de energía eléctrica por estrato en 2024 evidencia una relación clara entre la categoría climática, las condiciones socioeconómicas y los niveles de consumo residencial. En general, las ciudades ubicadas en climas cálidos, tanto húmedos como secos, presentan consumos más elevados que aquellas en climas templados y fríos, especialmente en los estratos medios y altos, lo que sugiere una mayor demanda asociada a necesidades de confort térmico.

Tabla 6. Consolidado mediana de consumo en kWh/mes para las ciudades objeto de estudio (2024)

Categoría climática	Ciudad	Mediana de consumo kWh/mes 2024					
		E1	E2	E3	E4	E5	E6
Cálido húmedo	Barrancabermeja	151	219	268	314	150	-
Cálido húmedo	Barranquilla	293	211	247	324	398	698
Cálido húmedo	Cartagena de Indias	290	209	237	369	436	665
Cálido seco	Montería	199	235	309	374	439	609
Cálido seco	Neiva	126	153	184	242	338	309
Cálido seco	Riohacha	322	220	266	318	268	-
Cálido seco	Santa Marta	389	205	220	330	342	367
Cálido seco	Santiago de Cali	141	149	145	147	194	341
Cálido seco	Sincelejo	161	186	225	320	368	454

Cálido seco	Valledupar	277	202	239	321	430	526
Templado	Ibagué	96	101	103	128	162	287
Templado	Medellín	99	118	134	155	176	260
Frío	Bogotá, D.C.	119	134	132	135	169	229

Fuente: Elaboración propia ConsumosYSuscriptores-EE.xlsx con información recopilada del SUI (2025)

En las ciudades de clima cálido húmedo, como Barranquilla y Cartagena de Indias, se observan consumos elevados y crecientes con el estrato, alcanzando valores superiores a 650 kWh/mes en los estratos altos (E6). Barranquilla destaca por un consumo particularmente alto en los estratos 5 y 6, lo que se combina con un mayor nivel de escolaridad promedio (9,8 años) y una menor incidencia de pobreza multidimensional (9,5 %), reflejando una mayor capacidad de acceso y uso de equipamiento eléctrico. En contraste, Barrancabermeja presenta consumos más moderados en los estratos bajos y medios, con menores niveles de pobreza monetaria reportada, aunque sin información disponible para los estratos más altos.

En el clima cálido seco, el consumo muestra una mayor heterogeneidad. Ciudades como Santa Marta, Riohacha y Valledupar presentan consumos elevados incluso en estratos bajos, particularmente en el estrato 1, donde Santa Marta y Riohacha superan los 320 kWh/mes. Estas ciudades también registran altos niveles de pobreza monetaria y multidimensional, especialmente Riohacha, que combina uno de los mayores consumos en estrato 1 con la mayor incidencia de pobreza monetaria (65,7 %) y un IPM de 17,4 %, evidenciando una tensión estructural entre necesidades energéticas y capacidad de pago. En contraste, Santiago de Cali muestra consumos bajos y relativamente similares entre estratos 1 a 4, coherentes con un menor tamaño de hogar, mayor escolaridad y un IPM reducido (4,5 %).

Las ciudades de clima templado, como Ibagué y Medellín, registran los menores niveles de consumo en los estratos bajos, con medianas inferiores a 110 kWh/mes en estrato 1, y aumentos graduales hacia los estratos altos. Estos patrones se alinean con tamaños de hogar más pequeños, mayores niveles educativos y menores niveles de pobreza multidimensional, lo que sugiere una menor dependencia energética para confort térmico y un uso más eficiente de la energía.

Tabla 7. Consolidado tamaño de hogar, escolaridad, pobreza monetaria e IPM para las ciudades objeto de estudio (2024)

Categoría climática	Ciudad	Tamaño de hogar	Escolaridad (años de estudio)	Pobreza monetaria %	Índice de pobreza multidimensional IPM %
Cálido húmedo	Barrancabermeja	3.3	9.4		12.0%
Cálido húmedo	Barranquilla	3.5	9.8	29.7%	9.5%
Cálido húmedo	Cartagena de Indias	3.2	9.1	13.2%	13.2%
Cálido seco	Montería	3.0	7.3	49.6%	13.0%
Cálido seco	Neiva	3.0	8.5	40.4%	7,6%
Cálido seco	Riohacha	3.1	8.2	65.7%	17.4%
Cálido seco	Santa Marta	3.4	8.3	51.7%	15.0%
Cálido seco	Santiago de Cali	2.9	9.1	25.7%	4.5%
Cálido seco	Sincalejo	3.3	8.3	57.5%	12.4%
Cálido seco	Valledupar	3.1	8.4	47.8%	10.7%

Templado	Ibagué	2.7	9.0	35.6%	7.2%
Templado	Medellín	2.7	9.1	24.7%	8.4%
Frío	Bogotá, D.C.	2.6	10.7	19.6%	5.4%

Fuente: *Elaboración propia con información DANE (2024)*

Finalmente, Bogotá D.C., representativa del clima frío, presenta consumos moderados y relativamente homogéneos entre estratos, con incrementos más contenidos en los estratos altos en comparación con ciudades cálidas. Este comportamiento puede asociarse a un menor requerimiento de climatización, un mayor nivel de escolaridad promedio (10,7 años) y bajos niveles de pobreza multidimensional (5,4 %), reforzando la importancia del clima como determinante estructural del consumo residencial.

Referencias

Corpoema. (2025). Producto 2: Diseño Definitivo de la Muestra Mínima y Metodología de Recolección e Incorporación de Variables Sociales, Económicas y Climáticas para la Estimación del Consumo Final de Energía en el Sector Residencial Urbano. *Corpoema*. Bogotá D.C.

Corpoema y Consultores Unidos. (marzo de 2012). Caracterización Energética del Sector Residencial y Urbano en Colombia. *Caracterización Energética del Sector Residencial y Urbano en Colombia*. Bogotá D.C. Obtenido de <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1111>

Corpoema; IREES y TEP. (abril de 2019). Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Perdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética. *UPME*. Obtenido de https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Balance_energia_util/BEU-Residencial.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2024). *Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV)*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2024>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2024). *Pobreza multidimensional*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-multidimensional>

IEA. (17 de noviembre de 2025). Total energy demand in the residential sector, by end-use, advanced economies and emerging economies. *IEA*. Obtenido de <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/total-energy-demand-in-the-residential-sector-by-end-use-advanced-economies-and-emerging-economies-2023>

Presidencia de la República. (6 de octubre de 2025). *Tarifa de energía en Atlántico, Magdalena y La Guajira ha bajado 25% a raíz de la intervención a Air-e*. Obtenido de <https://www.presidencia.gov.co/prensa/Paginas/Tarifa-de-energia-en-Atlantico-Magdalena-y-La-Guajira-ha-bajado-25-porciento-a-raiz-de-la-intervencion-a-Air-e-251006.aspx>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2025). Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios. *Reportes del Sectors: Gas Natural*. Obtenido de <https://sui.superservicios.gov.co/Reportes-del-Sector>

- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2025). Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios (SUI). *Reportes del Sector: Energía Eléctrica*. Obtenido de <https://sui.superservicios.gov.co/Reportes-del-Sector/Energia>
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2022). Plan de Acción Indicativo Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (2022-2030). *Unidad de Planeación Minero Energética*. Obtenido de https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PROURE/Documento_PROURE_2022-2030_v4.pdf
- XM. (22 de enero de 2025). En 2024, la demanda de energía en Colombia aumentó 2.3% en comparación con el año anterior. *XM*. Obtenido de <https://www.xm.com.co/noticias/7504-en-2024-la-demanda-de-energia-en-colombia-aumento-23-en-comparacion-con-el-ano>

Anexo 1.

A. Base de datos consumo y suscriptores de Energía Eléctrica

La información para el análisis del consumo promedio de energía eléctrica fue extraída del sistema de consulta O3 del SUI para posteriormente conformar una base de datos en un administrador RDBMS, mediante procedimientos semiautomáticos, que permitieran posteriormente realizar cruces, por ejemplo, con información de municipios por medio de su código DANE, dato que debió incluirse mediante procesos de concordancia textual ya que O3 no incluye esta información relevante para todo estudio.

En el proceso de validación de la transferencia se revisó la completitud de la serie de datos de interés, que comprende desde enero de 2019 hasta diciembre de 2024, encontrando algunos meses faltantes. Se revisa uno a uno estos casos en O3, completando los casos en los que la ausencia se debió a un problema de transferencia y no a falta de información en O3. Con respecto a los municipios de la muestra en los siguientes casos no se encontró información en O3:

- Riohacha, junio de 2022
- Santa Marta, junio de 2022

1. Proceso de depuración
 - a. Identificación de casos atípicos

El proceso de detección de casos atípicos o *outlayers* requiere de una definición, que para este caso corresponde a qué porcentajes por fuera de la media se consideran tales.

Para la identificación de los valores atípicos se asumió inicialmente que la variable de interés sigue una distribución aproximadamente normal, lo cual permite trabajar sobre su distribución acumulada. Bajo este supuesto, se estiman los percentiles 15 y 85 de la distribución (equivalentes a los puntos de corte que concentran el 70 % central de la información) y se clasifican como outliers aquellos valores observados que se ubican por debajo del percentil 15 o por encima del percentil 85. Este criterio permitió identificar observaciones extremas relativas (no necesariamente errores) que se apartan de la tendencia central de la serie.

La siguiente tabla muestra todos los casos que se encontraron atípicos para el estrato 1, de las ciudades de la muestra:

Anho	Mes	Municipio	Cod Municipio	E1_kWh	Es atípico	Límite inferior	Límite superior
2022	9	Santa Marta	47001	10153	OUTLIER	-220,5	647,5
2023	1	Santa Marta	47001	6536	OUTLIER	-220,5	647,5
2023	1	Barranquilla	08001	4132	OUTLIER	-220,5	647,5
2023	3	Barranquilla	08001	1240	OUTLIER	-220,5	647,5
2023	9	Santa Marta	47001	1114	OUTLIER	-220,5	647,5
2022	9	Barranquilla	08001	1038	OUTLIER	-220,5	647,5
2022	4	Santa Marta	47001	971	OUTLIER	-220,5	647,5
2024	4	Santa Marta	47001	762	OUTLIER	-220,5	647,5
2023	12	Santa Marta	47001	758	OUTLIER	-220,5	647,5
2023	11	Santa Marta	47001	742	OUTLIER	-220,5	647,5
2023	10	Santa Marta	47001	730	OUTLIER	-220,5	647,5
2024	5	Santa Marta	47001	716	OUTLIER	-220,5	647,5
2024	8	Santa Marta	47001	715	OUTLIER	-220,5	647,5
2024	7	Santa Marta	47001	710	OUTLIER	-220,5	647,5
2023	8	Santa Marta	47001	703	OUTLIER	-220,5	647,5
2024	3	Santa Marta	47001	702	OUTLIER	-220,5	647,5
2024	6	Santa Marta	47001	700	OUTLIER	-220,5	647,5
2024	12	Santa Marta	47001	694	OUTLIER	-220,5	647,5
2024	1	Santa Marta	47001	673	OUTLIER	-220,5	647,5
2023	5	Santa Marta	47001	667	OUTLIER	-220,5	647,5
2024	2	Santa Marta	47001	661	OUTLIER	-220,5	647,5
2023	7	Santa Marta	47001	659	OUTLIER	-220,5	647,5
2024	11	Santa Marta	47001	659	OUTLIER	-220,5	647,5
2022	8	Santa Marta	47001	655	OUTLIER	-220,5	647,5
2019	7	Santa Marta	47001	653	OUTLIER	-220,5	647,5
2020	4	Santa Marta	47001	651	OUTLIER	-220,5	647,5
2022	10	Santa Marta	47001	645	NORMAL	-220,5	647,5
2020	8	Santa Marta	47001	642	NORMAL	-220,5	647,5

La tabla presenta todos los *outliers* para el estrato 1, que se encontraron en todos los registros cargados, para las ciudades del estudio. Puede notarse que la gran mayoría de ellas corresponden a la ciudad de Santa Marta.

Para el estrato dos se presentó un único caso, y para los siguientes estratos, es decir 3, 4, 5 y 6, no se presentó ninguno.

En la siguiente tabla se presentan los casos de Santa Marta resaltados en amarillo, se puede observar que si se aplicara una sustitución común para los valores atípicos se obtendría una variabilidad nula en los años 2023 y 2024 y muy escasa para los años 2020 y 2022. Adicionalmente, debe considerarse que la ciudad afectada sería exclusivamente Santa Marta, que presenta consumos promedio inexplicables en condiciones normales.

2	Anho	Mes	Municipio	CodMunicipi	valor	es_outlier	limite_infe	limite_sup	Q1	Q3	IQR
3	2022	9	Santa Marta	47001	10153	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
4	2023	1	Santa Marta	47001	6536	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
5	2023	1	Barranquilla	08001	4132	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
6	2023	3	Barranquilla	08001	1240	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
7	2023	9	Santa Marta	47001	1114	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
8	2023	3	Barranquilla	08001	1240	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
9	2023	9	Santa Marta	47001	1114	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
10	2022	9	Barranquilla	08001	1038	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
11	2022	9	Barranquilla	08001	1038	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
12	2022	4	Santa Marta	47001	971	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
13	2024	4	Santa Marta	47001	762	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
14	2023	12	Santa Marta	47001	758	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
15	2023	11	Santa Marta	47001	742	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
16	2023	10	Santa Marta	47001	730	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
17	2024	5	Santa Marta	47001	716	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
18	2024	8	Santa Marta	47001	715	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
19	2024	7	Santa Marta	47001	710	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
20	2023	8	Santa Marta	47001	703	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
21	2024	3	Santa Marta	47001	702	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
22	2024	6	Santa Marta	47001	700	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
23	2024	12	Santa Marta	47001	694	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
24	2024	1	Santa Marta	47001	673	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
25	2023	5	Santa Marta	47001	667	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
26	2024	2	Santa Marta	47001	661	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
27	2023	7	Santa Marta	47001	659	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
28	2024	11	Santa Marta	47001	659	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
29	2022	8	Santa Marta	47001	655	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
30	2019	7	Santa Marta	47001	653	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
31	2020	4	Santa Marta	47001	651	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
32	2022	10	Santa Marta	47001	645	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
33	2020	8	Santa Marta	47001	642	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
34	2020	5	Santa Marta	47001	640	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55
35	2022	12	Santa Marta	47001	636	OUTLIER	-202,325	635,875	112	321,55	209,55

El segundo caso de *outliers* se presentó para el estrato 2, con una única ocurrencia que se muestra a continuación.

Año	Mes	Municipio	E2_kWh	Límite inferior	Límite superior
2022	9	Santa Marta	2224	-35	397

En este caso se aplicó la corrección por cálculo de la mediana, puesto que un valor semejante desestabilizaría el análisis del estado de los consumos.

En la evaluación general aplicada a todos los municipios del país para la corrección de anomalías se ha encontrado una variedad muy grande, que para el caso de los valores del estrato uno, es particularmente agudo. Para este caso, se aplicó la metodología de identificación de outliers por región, considerando que lo que en una región puede ser anómalo, en otra región puede ser común. La siguiente tabla, muestra el número de casos para los que hay 40 o más ocurrencias:

Departamento	Municipio	Outlayers
Antioquia	Guatapé	41
Bolívar	Tiquisio	71
Bolívar	Norosi	68
Cesar	El Paso	69
Córdoba	San José De Ure	56
La Guajira	Uribia	96
Magdalena	Pedraza	96
Magdalena	Puebloviejo	96
Magdalena	Sitionuevo	95
Magdalena	Santa Marta	70
Valle del Cauca	Palmira	78
Valle del Cauca	Zarzal	53
Valle del Cauca	Yumbo	45

Son 13 ocurrencias en total. Se considera que estos casos deben ser tratados de manera individual, puesto que no hay un mecanismo general de imputación de datos para la serie completa.

Complementando el análisis de estos casos se revisó cuáles de ellos presentan valores por encima de 2.000 kWh/mes. El resultado es:

Municipio	Outlayers por encima de 2 mil kWh/mes	Departamento	Región
Norosí	23	Bolívar	Región Caribe
El Paso	1	Cesar	Región Caribe
San José de Ure	56	Córdoba	Región Caribe
Uribia	2	La Guajira	Región Caribe
Pedraza	54	Magdalena	Región Caribe
Puebloviejo	69	Magdalena	Región Caribe
Santa Marta	2	Magdalena	Región Caribe
Sitionuevo	27	Magdalena	Región Caribe
Palmira	13	Valle del Cauca	Región Pacífica
Zarzal	5	Valle del Cauca	Región Pacífica

Se mantienen en la base de datos los casos en verde, todos los demás se retiran de los cálculos, pues no hay otra fuente de información para poder imputar valores a estos municipios.

b. Tratamiento de ceros anómalos

D15764 : 0.1 (kWh/susc)

Column1	Column2	Column3	Column4	Column6	Column7	Column8
9971 jun / 2024	BARRANQUILLA	Rural	262.6 (kWh/susc)	187.5 (kWh/susc)	235.3 (kWh/susc)	401.0 (kWh/susc)
9972 jun / 2024	BARRANQUILLA	Urbano	317.9 (kWh/susc)	206.5 (kWh/susc)	238.7 (kWh/susc)	338.2 (kWh/susc)
11888 jul / 2024	BARRANQUILLA	Rural	246.4 (kWh/susc)	185.9 (kWh/susc)	222.0 (kWh/susc)	333.4 (kWh/susc)
11889 jul / 2024	BARRANQUILLA	Urbano	325.9 (kWh/susc)	206.1 (kWh/susc)	246.9 (kWh/susc)	329.8 (kWh/susc)
13847 ago / 2024	BARRANQUILLA	Rural	261.0 (kWh/susc)	194.7 (kWh/susc)	234.7 (kWh/susc)	311.1 (kWh/susc)
13848 ago / 2024	BARRANQUILLA	Urbano	329.5 (kWh/susc)	210.6 (kWh/susc)	254.5 (kWh/susc)	352.8 (kWh/susc)
15764 sep / 2024	BARRANQUILLA	Urbano	0.1 (kWh/susc)	0.0 (kWh/susc)	2.5 (kWh/susc)	6.7 (kWh/susc)
17579 oct / 2024	BARRANQUILLA	Urbano	0.0 (kWh/susc)	0.0 (kWh/susc)	0.0 (kWh/susc)	0.0 (kWh/susc)
19443 nov / 2024	BARRANQUILLA	Rural	208.2 (kWh/susc)	177.7 (kWh/susc)	239.6 (kWh/susc)	347.1 (kWh/susc)
19444 nov / 2024	BARRANQUILLA	Urbano	313.8 (kWh/susc)	214.0 (kWh/susc)	283.2 (kWh/susc)	317.3 (kWh/susc)
21408 dic / 2024	BARRANQUILLA	Rural	243.5 (kWh/susc)	175.7 (kWh/susc)	224.0 (kWh/susc)	338.4 (kWh/susc)
21409 dic / 2024	BARRANQUILLA	Urbano	341.9 (kWh/susc)	195.9 (kWh/susc)	265.4 (kWh/susc)	307.2 (kWh/susc)

D15764 : 0.1 (kWh/susc)

Column1	Column2	Column3	Column4	Column6	Column7	Column8
10962 jun / 2024	SANTA MARTA	Rural	448.3 (kWh/susc)	213.3 (kWh/susc)	363.7 (kWh/susc)	431.5 (kWh/susc)
10963 jun / 2024	SANTA MARTA	Urbano	700.3 (kWh/susc)	207.6 (kWh/susc)	228.2 (kWh/susc)	313.5 (kWh/susc)
12943 jul / 2024	SANTA MARTA	Rural	459.2 (kWh/susc)	217.1 (kWh/susc)	338.2 (kWh/susc)	451.6 (kWh/susc)
12944 jul / 2024	SANTA MARTA	Urbano	710.3 (kWh/susc)	205.3 (kWh/susc)	217.2 (kWh/susc)	325.6 (kWh/susc)
14839 ago / 2024	SANTA MARTA	Rural	469.2 (kWh/susc)	222.7 (kWh/susc)	380.4 (kWh/susc)	423.5 (kWh/susc)
14840 ago / 2024	SANTA MARTA	Urbano	715.4 (kWh/susc)	212.6 (kWh/susc)	232.4 (kWh/susc)	339.4 (kWh/susc)
16663 sep / 2024	SANTA MARTA	Urbano	0.0 (kWh/susc)	0.0 (kWh/susc)	0.2 (kWh/susc)	0.0 (kWh/susc)
18538 oct / 2024	SANTA MARTA	Urbano	0.0 (kWh/susc)	0.0 (kWh/susc)	0.1 (kWh/susc)	0.0 (kWh/susc)
20441 nov / 2024	SANTA MARTA	Rural	436.3 (kWh/susc)	227.1 (kWh/susc)	325.3 (kWh/susc)	410.4 (kWh/susc)
20442 nov / 2024	SANTA MARTA	Urbano	659.3 (kWh/susc)	192.7 (kWh/susc)	218.1 (kWh/susc)	297.3 (kWh/susc)
22403 dic / 2024	SANTA MARTA	Rural	450.3 (kWh/susc)	384.2 (kWh/susc)	325.1 (kWh/susc)	407.4 (kWh/susc)
22404 dic / 2024	SANTA MARTA	Urbano	693.8 (kWh/susc)	187.5 (kWh/susc)	208.8 (kWh/susc)	302.3 (kWh/susc)

Los valores que aparecen con cero o valores muy cercanos a cero, se consideran anómalos y se sustituyeron, en todos los casos, por la mediana del año que corresponde.

Un caso de imputación de registros completos se realizó para Riohacha y Santa Marta, para el año 2022 y el mes de junio. En estos casos se generaron los registros completos, usando imputación, tanto de consumos, como de número de suscriptores, utilizando la mediana del año como valor de imputación.

Concluidos los procesos generales de identificación y corrección de outliers, se procedió a una revisión más detallada de casos puntuales con valores atípicos extremos, significativamente alejados de los promedios esperados según el comportamiento histórico de la variable analizada. Para estos registros específicos se aplicó una técnica de ajuste basada en promedios del mismo mes en años anteriores, considerando la estabilidad temporal de la serie y con el fin de preservar la coherencia estadística evitando introducir sesgos en los resultados. Este procedimiento se aplicó a un número reducido de observaciones, las cuales fueron debidamente documentadas y marcadas en color rojo en la base de datos en formato Excel que acompaña el informe.

B. Base de datos consumo y suscriptores de gas por red

De manera análoga, el proceso de obtención y preparación de la información para el análisis del consumo promedio de gas por red se desarrolló siguiendo los mismos lineamientos metodológicos aplicados al consumo de energía eléctrica. La información fue extraída del sistema de consulta O3 del SUI, y posteriormente consolidada en una base de datos estructurada en un RDBMS, mediante la implementación de procedimientos semiautomáticos de extracción. La revisión estadística exploratoria de esta información no evidenció la presencia de valores atípicos u outliers, por lo cual no fue necesario aplicar procesos adicionales de depuración o ajuste.

C. Base de datos temperatura

Para el análisis de temperaturas mensuales máxima y mínima para cada municipio se descargaron los datos del IDEAM (<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>), en el cual es posible consultar los datos de diferentes monitores, en especial los ubicados en los aeropuertos de cada ciudad.

En el link se encontraron series de datos incompletas en especial para Santa Marta, Santiago de Cali y Neiva, por lo cual se complementó la búsqueda con fuentes internacionales tratando de relacionar temperatura y humedad para llegar a una estimación de sensación térmica. La principal fuente utilizada fue <https://www.weather-atlas.com/>, este sitio combina observación directa, modelos numéricos y análisis estadístico/climático, sin embargo, solamente presenta información del último año, por lo que se utilizó únicamente para hacer una observación del año 2024.

A continuación se describe el proceso realizado para obtener la temperatura ajustada incluyendo humedad para el análisis 2024.

Metodología para el cálculo de variables termohigrométricas y de sensación térmica

El término termohigrométricas se refiere a las condiciones ambientales de temperatura y humedad (higrometría) que, junto con la ventilación, definen el ambiente térmico de un espacio. Para obtener una estimación de sensación térmica se emplearon metodologías recomendadas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM/WMO), la FAO, la NOAA y literatura técnica referenciada al final de este anexo.

1. Temperatura media del aire

Para el cálculo de la temperatura media diaria y/o mensual se empleó la metodología recomendada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), basada en la media aritmética entre la temperatura máxima y mínima registradas en el periodo de análisis. Dicho procedimiento es aceptado internacionalmente en climatología cuando no se dispone

de registros horarios continuos y se requiere una estimación robusta de la temperatura media.

$$T_m = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2}$$

Este método permite obtener un valor representativo del comportamiento térmico general y es adecuado para comparaciones interanuales, análisis de tendencias, así como para estudios de caracterización climática en zonas tropicales como Colombia.

2. Cálculo del punto de rocío (Td)

El punto de rocío es la temperatura a la cual el vapor de agua en el aire comienza a condensarse y convertirse en agua líquida, fue calculado a partir de la temperatura media del aire y la humedad relativa mediante la ecuación “psicrométrica tipo Magnus–Tetens”, validada para rangos ambientales entre -45°C y 60°C. Esta formulación es recomendada por la OMM y es utilizada de manera estándar en estudios de humedad atmosférica, balance energético y modelación microclimática.

$$T_d = \frac{b \cdot \gamma(T_m, RH)}{a - \gamma(T_m, RH)} \quad \text{donde} \quad \gamma(T_m, RH) = \frac{aT_m}{b + T_m} + \ln\left(\frac{RH}{100}\right)$$

con constantes:

a=17.27, b=237.7 °C

3. Cálculo de temperatura media ajustada incorporando humedad

Con el fin de obtener una estimación más representativa de la sensación térmica y del comportamiento térmico real en ambientes húmedos, se integró el valor del punto de rocío a la estimación tradicional de temperatura media. Esta aproximación, fundamentada en principios de termodinámica ambiental y utilizada en estudios bioclimáticos y de evapotranspiración, ajusta la temperatura media considerando la influencia del vapor de agua presente en la atmósfera.

$$T_{\text{ajustada}} \approx \frac{T_{\max} + T_{\min} + 2T_d}{4}$$

Esta expresión no reemplaza el método oficial de la OMM, sino que lo complementa cuando se requiere una variable térmica más coherente con el estado higrotérmico del aire, especialmente en regiones tropicales de alta humedad como el territorio colombiano.

4. Cálculo del Índice de Calor (Heat Index – HI)

El Índice de Calor (HI) es una medida empírica desarrollada por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) para estimar la sensación térmica percibida por un ser humano en función de la temperatura del aire y la humedad relativa. Su base conceptual proviene del modelo “termo-fisiológico de Steadman (1979)”. Para el cálculo operacional se utilizan dos formulaciones recomendadas por NOAA:

a) una ecuación completa basada en una regresión polinómica (Rothfus, 1990), y

b) una ecuación simplificada para condiciones de temperatura menores a 80 °F.

4.1. Método principal — Ecuación de Rothfusz (NOAA/NWS)

Para condiciones de $T \geq 80$ °F (≈ 26.7 °C), el HI se estima mediante la siguiente regresión polinómica en función de la temperatura en °F y la humedad relativa (RH, %):

$$HI = -42.379 + 2.04901523T + 10.14333127RH - 0.22475541TRH - 0.00683783T^2 - 0.05481717RH^2 + 0.00122874T^2RH + 0.00085282TRH^2 - 0.00000199T^2RH^2$$

NOAA indica dos correcciones empíricas adicionales para rangos extremos de humedad relativa:

- Si $RH < 13\%$ y 80 °F $\leq T \leq 112$ °F:

$$\Delta HI = -\frac{13 - RH}{4} \sqrt{\frac{17 - |T - 95|}{17}}$$

- Si $RH > 85\%$ y 80 °F $\leq T \leq 87$ °F:

$$\Delta HI = \frac{RH - 85}{10} \cdot \frac{87 - T}{5}$$

4.2. Método simplificado — Fórmula NOAA para $T < 80$ °F

Para temperaturas inferiores a 80 °F, NOAA recomienda no utilizar la regresión completa, sino aplicar la fórmula simplificada:

$$HI = 0.5 [T + 61.0 + 1.2(T - 68.0) + 0.094RH]$$

Esta ecuación reproduce los valores de Steadman (1979) en el rango moderado de condiciones y evita extrapolaciones no representativas del modelo fisiológico.

4.3. Alcance y limitaciones

Las ecuaciones asumen condiciones de sombra, viento ligero y actividad física moderada.

En presencia de radiación solar directa, NOAA reporta incrementos potenciales entre 8 y 15 °F en la sensación térmica.

La precisión disminuye cuando hay viento intenso, ropa no estándar o aclimatación distinta.

4.4. Bibliografía

Alduchov, O. A., & Eskridge, R. E. (1996). Improved Magnus Form Approximation of Saturation Vapor Pressure. *Journal of Applied Meteorology*, 35(4), 601-609.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop Evapotranspiration*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56.

Buck, A. L. (1981). New Equations for Computing Vapor Pressure and Enhancement Factor. *Journal of Applied Meteorology*, 20(12), 1527-1532.

Campbell, G. S., & Norman, J. M. (1998). *Environmental Biophysics*. Springer.

Monteith, J. L., & Unsworth, M. (2013). *Principles of Environmental Physics*. Elsevier.

Rothfus, L. P. (1990). The Heat Index "Equation". National Weather Service, Technical Attachment SR 90-23.

Steadman, R. G. (1979). The Assessment of Sultriness. Journal of Applied Meteorology, 18, 861-873.

World Meteorological Organization (WMO). (2018). Guide to Climatological Practices (WMO-No.100).

World Meteorological Organization (WMO). (2018). Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO-No.8).

National Weather Service (NWS), NOAA. Heat Index Calculation Methods. Weather Prediction Center.

D. Pisos térmicos

Para los pisos térmicos de las ciudades no incluidas en la muestra se tomó la información de la Resolución 194 de 2025 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio en vigencia desde el 24 de abril de 2025, la cual utiliza información climática clasificada por el IDEAM para fines técnicos. Esta Resolución derogó la 549 de 2015 del mismo Ministerio.

El anexo de la Resolución presenta una lista de municipios del país en la que cada uno puede tener varias entradas, definidas por el área que tiene dentro de un piso térmico determinado. Para el procesamiento se considera un solo piso térmico por municipio seleccionado por mayor área. Por ejemplo, para el municipio Amagá en Antioquia se tomó la clasificación climática Templado por que la extensión en área de este piso térmico es mayor.

Departamento	Municipio	Codigo del Municipio	Clasificación climática	Area(m2)
Antioquia	Amagá	05030	Calido Húmedo	2215232,26
Antioquia	Amagá	05030	Templado	81851250,95

E. Papel de trabajo

Modelo de cálculos y generación de gráficas se anexan en los archivos MS Excel:

- **ConsumosYSuscriptores - EE.xlsx** con información de energía eléctrica
- **ConsumosYSuscriptores - Gas.xlsx** con información de energía eléctrica

Anexo 2. Protocolo de mediciones y encuestas



Protocolo encuesta y medición

Proyecto: UPME - Determinar el consumo energético del sector residencial-urbano colombiano, considerando elementos sociales, económicos y climáticos, a partir de información primaria y secundaria.

Noviembre de 2025



¿En qué consiste el proceso de encuesta y medición?

El proceso incluye:

- Mediciones de consumo de energía eléctrica de nevera, lavadora, airfryer y aires acondicionados o ventiladores.
- Registro del consumo de gas en 24 horas.
- Encuesta sobre usos de la energía y caracterización de los hogares.

En total se visitarán 200 viviendas urbanas, distribuidas entre la Región Caribe y el resto del país.

Objetivo: Obtener información sobre los patrones de consumo energético del sector residencial urbano en Colombia, considerando las condiciones climáticas, sociales y económicas de cada zona, con especial atención a las particularidades de la Región Caribe.



Pasos del proceso de encuesta y medición

- 1 Preparación**
Preparar los equipos para la encuesta y medición.
- 2 Formulario inicio**
Diligenciar el formulario de inicio del proceso (google forms) - para control interno.
- 3 Medición**
Firmar consentimiento e instalar los equipos de medición en los electrodomésticos.
- 4 Encuesta**
Diligenciar la encuesta de caracterización (Kobotoolbox) y consentimiento.
- 5 Retiro equipos**
Luego de 24 horas se realiza el retiro de los equipos que deben dejarse para medición continua.
- 6 Formulario cierre**
Diligenciar el formulario de cierre del proceso (google forms) - para control interno.



Notas importantes

ID del hogar

- Cada hogar tiene un ID único.
- Es el dato clave para unir encuesta y medición.
- Debe escribirse igual en todos los formularios.
- Ténganlo siempre a la mano antes de empezar.

Formularios

- Todos los formularios piden el ID del hogar.
- Se usan formularios de inicio y cierre de medición en línea (Google Forms y Sheets) para control de la UPME.
- Revisar que todo quede diligenciado antes de enviar.

Control del avance

- La UPME solicitó ver el avance en tiempo real.
- Reportar cada inicio y finalización del proceso de medición y encuesta.



Notas importantes

Metas por ciudad y estrato

- Hay cuotas mínimas por ciudad y por estrato. No sustituyan hogares sin comentárnoslo.

Equipo y materiales

- Llevar cargadores, cables, identificación y consentimientos.
- Cuidar los equipos: no los pierdan ni los dejen en lugares donde se puedan extraviar o ser robados. Tenemos los equipos justos para realizar las mediciones en los tiempos.

Trato con los hogares

- Preséntense y expliquen el propósito del estudio.
- Respetar horarios y privacidad.
- No tomar fotos sin permiso.

Seguridad y comunicación

- Ante cualquier incidente: reportarlo.



Paso 1. Preparación

Equipos necesarios:



Celular



Data logger



Pinza amperimétrica



Extensión



Metro

Links clave:

- Formulario inicio toma datos:
<https://forms.gle/nY4LBUtegAJRsjGE8>
- Encuesta Kobotoolbox:
<https://ee.kobotoolbox.org/x/yfjZGEw>
- Formulario finalización toma datos:
<https://forms.gle/Etr53JDZsUdzvfw8>



Paso 2. Formulario de inicio

Formulario inicio toma datos:

<https://forms.gle/nY4LBUtegAJRsjGE8>

Objetivo: llevar un control de los encargados, fechas y lectura del contador de energía eléctrica y gas para el inicio de la toma de datos.

Metodología: el personal de Corpoema diligencia el formulario.

Duración: aproximadamente 1 minuto.

Paso 3. Medición

Se solicita la firma del consentimiento al encuestado.

Se instalan los data loggers y pinzas amperimétricas en:

- **Nevera:** Toma de datos por 24 horas.
- **Aire acondicionado (si aplica):** Toma de datos por 24 horas.
- **Lavadora:** Toma de datos por un ciclo de lavado.
- **Airfryer (si aplica):** Toma de datos cocción dentro del uso común del hogar.



Paso 4. Encuesta

Encuesta Kobotoolbox:

<https://ee.kobotoolbox.org/x/yfjZGEv>

Objetivo: caracterizar los usos de energía, y mapear las condiciones físicas y socioeconómicas del hogar encuestado.

Metodología: el personal de Corpoema aplica la encuesta.

Duración: aproximadamente 30-40 minutos.

Paso 5. Retiro de equipos

Después de cumplidas las 24 horas de medición, se realiza una nueva visita al hogar para retirar los equipos instalados el día anterior. Durante esta actividad, el personal de Corpoema desconecta cuidadosamente los dispositivos, verifica el correcto registro de la información y revisa que el lugar quede en las mismas condiciones en que se encontraba antes de la instalación.



Paso 6. Formulario de cierre

Formulario finalización toma datos:

<https://forms.gle/Etr53JDZsUdzwvfw8>

Objetivo: llevar un control de los encargados, fechas y lectura del contador de energía eléctrica y gas para el cierre de la toma de datos.

Metodología: el personal de Corpoema diligencia el formulario.

Duración: aproximadamente 1 minuto.



Apoyo: Medición data loggers

1. Instalar la aplicación HOBConnect



50 mil+
Descargas

E
Para todos

Descargar

2. Activar el Bluetooth del celular

3. Conectar la pinza ampérimétrica al data logger



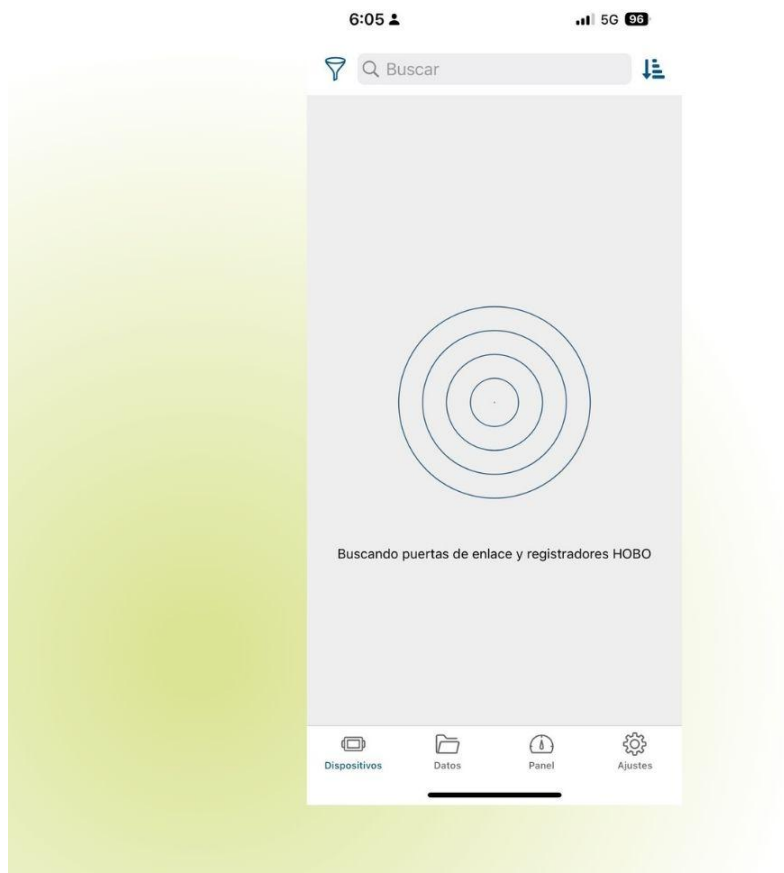


Apoyo: Medición data loggers

4. Abrir la aplicación de HOBConnect

Teniendo cerca el data logger, la pinza ampérimétrica, la extensión y el equipo a medir.

Debe salir una pantalla similar:





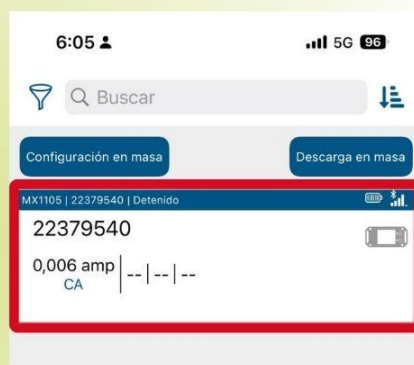
Apoyo: Medición data loggers

5. Encender el data logger

Mantener presionado el botón por 3 segundos hasta que salga el indicador de batería.



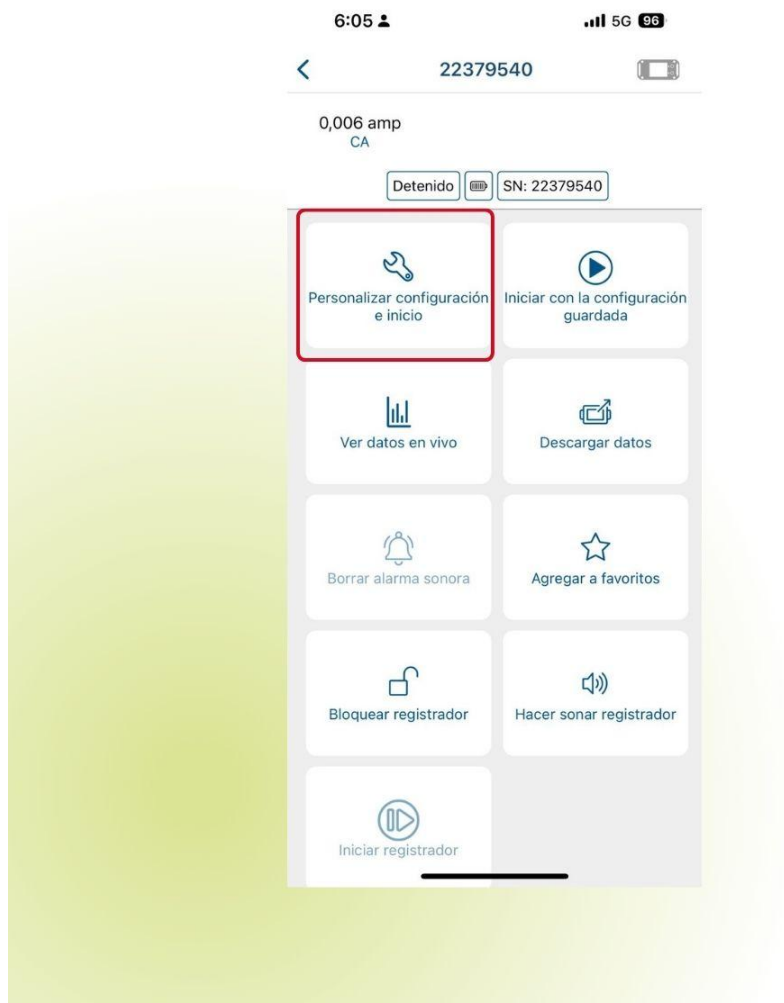
6. Cuando el celular detecta el data logger, sale una pantalla así. Seleccionar el data logger.





Apoyo: Medición data loggers

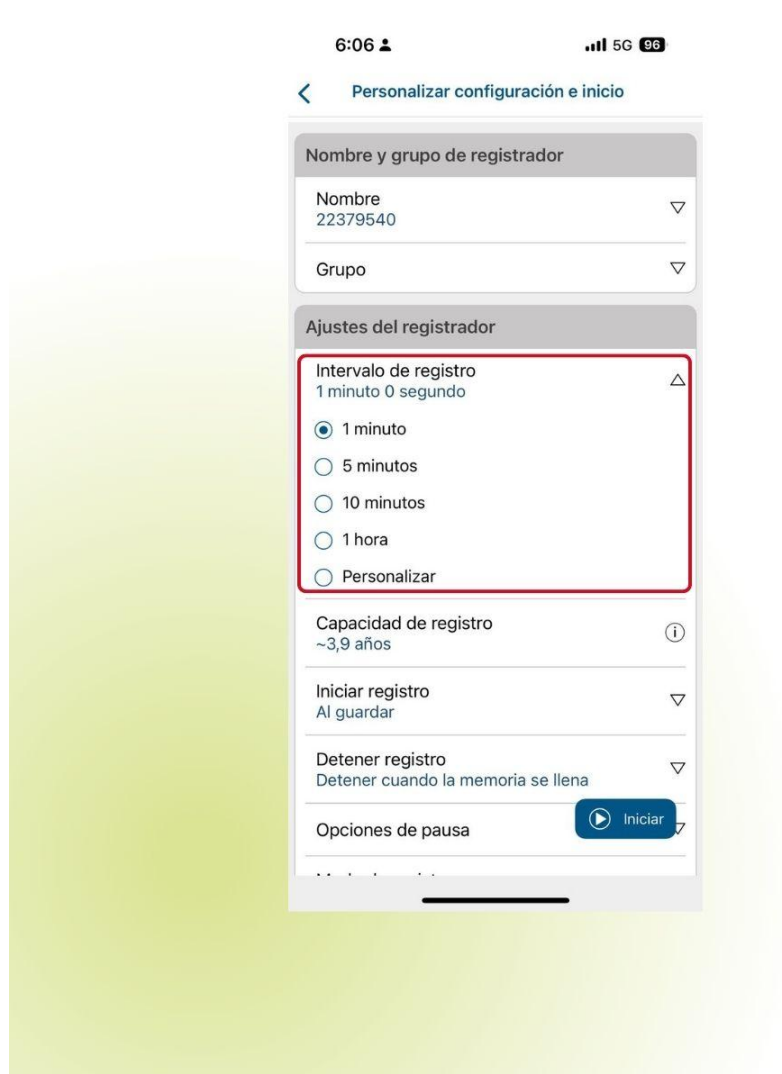
7. Seleccionar personalizar configuración e inicio.





Apoyo: Medición data loggers

8. Seleccionar intervalo de registro y luego un minuto.





Apoyo: Medición data loggers

9. Conectar la pinza ampérimétrica al data logger



10. Pasar uno de los cables de la extensión por la pinza ampérimétrica





Apoyo: Medición data loggers

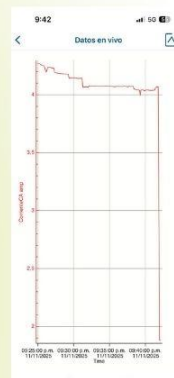
11. Conectar la extensión al enchufe y el equipo a medir a la extensión

12. Seleccionar “Iniciar con la configuración guardada” para comenzar la toma de datos

Debe salir una pantalla así



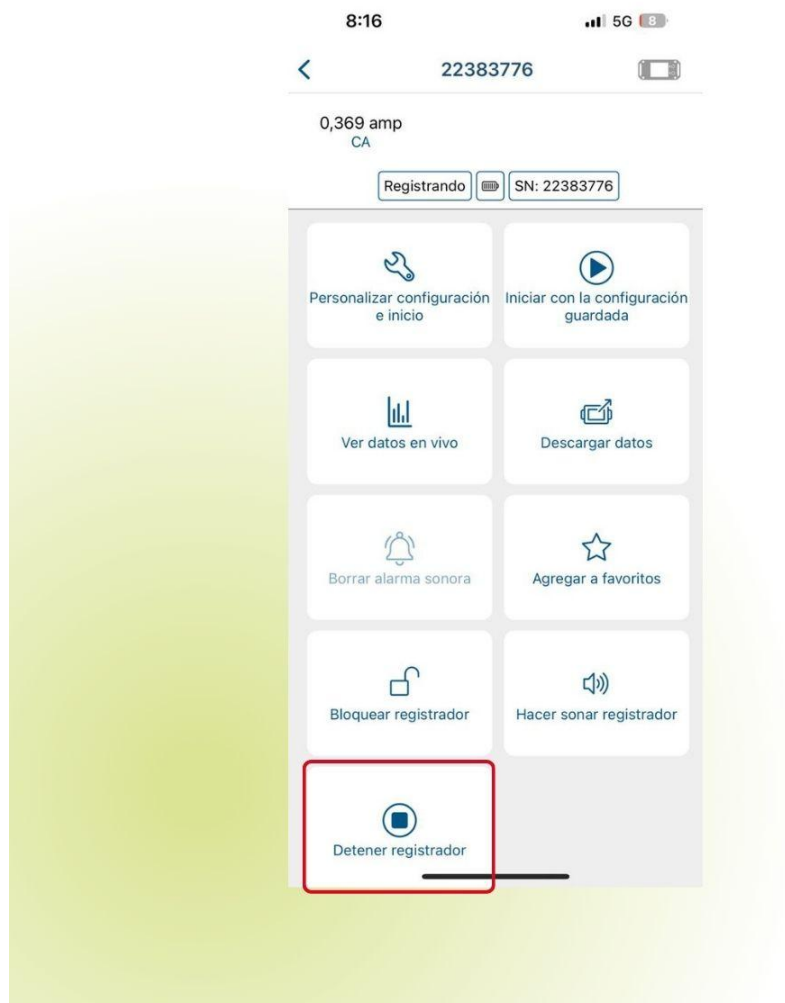
Para verificar que se están tomando los datos se puede seleccionar “Ver datos en vivo”. Debe salir una gráfica en rojo.





Apoyo: Medición data loggers

13. Al finalizar el tiempo de medición se selecciona “Detener registrador”





Apoyo: Medición data loggers

14. Luego se selecciona “Descargar datos”.

Los archivos descargados se deben cargar en drive. En la carpeta de la ciudad y ID del hogar que corresponda al hogar medido.

Por favor **marcar cada archivo con el nombre del electrodoméstico medido.**

Link drive:

https://drive.google.com/drive/folders/1KH_8Tgphi0kHYBofC9-4mpxXjIjBS4Fh?usp=sharing



La Corporación para la Energía y el Medio Ambiente **Corpoema**, es una organización pionera, comprometida con la promoción de la eficiencia energética, el desarrollo sostenible y la conservación del ambiente.

Fundada en 2009, nuestra misión es impulsar la transición hacia un futuro energético más limpio y sostenible en todos los sectores económicos, trabajando junto a entidades y aliados del sector público y privado.

Nuestro equipo multidisciplinario de profesionales jóvenes y apasionados incluye expertas y expertos en ingeniería, economía, administración, y gestión social y ambiental. **Nos enorgullecemos de ofrecer soluciones personalizadas y de vanguardia que se ajusten a las necesidades de nuestros clientes.**

A lo largo de los años, hemos desarrollado una sólida red de alianzas con entidades públicas, organismos multilaterales, de cooperación internacional y empresas privadas, lo que nos permite maximizar nuestro impacto en la construcción de un futuro energético más verde y próspero para la región.

Nuestro contacto: corpoema@coporema.net

