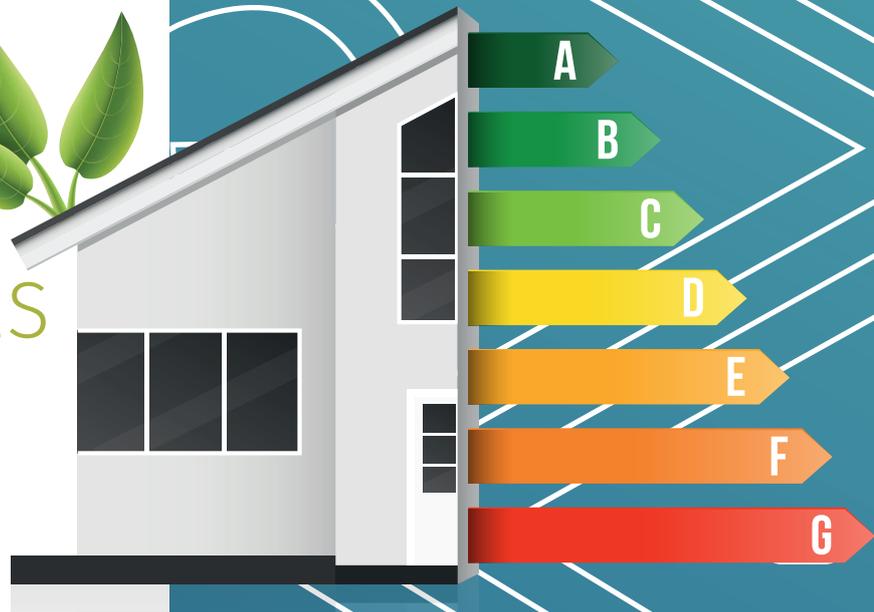




ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
HIDROCARBUROS Y ENERGÍAS

CARACTERIZACIÓN
DEL **CONSUMO**
ELÉCTRICO EN
HOGARES Y
POTENCIALIDADES
EN EFICIENCIA
ENERGÉTICA



CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN HOGARES Y POTENCIALIDADES EN EFICIENCIA ENERGÉTICA

Autor:

Ministerio de Hidrocarburos y Energías (MHE)
Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas (VMEEA)
Niras – IP Consult para el Programa de Energías Renovables (PEERR II)

Edición, diseño y diagramación:

Comunicación Programa de Energías Renovables (PEERR)

Esta publicación es apoyada por la Cooperación Alemana al Desarrollo, a través de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y su Programa de Energías Renovables (PEERR II).

Se autoriza la reproducción total o parcial del presente documento, sin fines comerciales, citando adecuadamente la fuente.

La Paz, Bolivia, octubre 2022

CARACTERIZACIÓN DEL **CONSUMO ELÉCTRICO EN HOGARES** Y POTENCIALIDADES EN EFICIENCIA ENERGÉTICA



Resumen Ejecutivo

La caracterización del consumo de energía eléctrica en el sector residencial, llevada a cabo en cuatro municipios (La Paz, El Alto, Cochabamba y Santa Cruz), representa un esfuerzo muy importante para comprender varios detalles fundamentales que hacen al consumo de los hogares. El estudio de caracterización ha involucrado, a su vez, el análisis de diversos aspectos que permiten conocer cómo es el comportamiento de los miembros de los hogares o consumidores finales, en términos del consumo de energía eléctrica, y los resultados obtenidos representan una importante herramienta para encarar un trabajo de planificación del sector eléctrico que tome en cuenta la eficiencia energética como eje de la política energética en el país.

En términos generales, el haber segmentado a la población por tramos de consumo, junto al relevamiento del equipamiento con el que cuentan los hogares, han permitido conocer, con un buen margen de certeza, cómo están equipados los hogares, cuáles son los hábitos de consumo, así como detectar los niveles de inequidad que existe entre los distintos tramos de consumo y, en gran medida, las razones de estas diferencias. Lo propio ocurre con las características del consumo entre los distintos municipios analizados y sus particularidades en términos de clima.

A partir de los datos obtenidos en el estudio se debiera priorizar: i) los artefactos destinados al calentamiento de agua, especialmente los calentadores de paso (duchas eléctricas); ii) los destinados a la conservación de alimentos (refrigeradores, principalmente); iii) los artefactos para la iluminación; y finalmente, iv) los equipos para climatización de ambientes.

Deben contemplarse distintos ámbitos o escenarios de trabajo que permitan cumplir con objetivos y metas alcanzables, tomando en cuenta la factibilidad técnica de las acciones a proponer y los efectos sobre la economía del sector. Son posibles escenarios de acción: i) la sustitución de combustibles en algunos usos finales; ii) el etiquetado de los artefactos y la vigilancia del mercado; iii) la revisión de la normativa para la distribución de energía eléctrica al sector domiciliario; iv) la adecuación

de la normativa para la construcción; y v) la sensibilización de la población y la capacitación de recursos humanos.

Asimismo, es importante contemplar una política de incentivos para promover la sustitución de las fuentes de energía, especialmente en el caso específico de artefactos para el calentamiento de agua (duchas y calefones), y también en artefactos destinados a la calefacción de ambientes.

La generación distribuida resulta una alternativa para promover el uso de energía solar, especialmente en hogares de alto consumo. Sin embargo, habrá que desarrollar la normativa necesaria y los mecanismos que incentiven a la población para que realicen inversiones en este tipo de sistemas. Las condiciones de alta radiación y pocos días de nubosidad en el occidente, especialmente en el sur del país, contribuyen al aprovechamiento de la energía solar en condiciones favorables.

En ese sentido, es necesario realizar estudios adicionales que permitan conocer los vacíos en términos de la normativa técnica, especialmente para las acciones destinadas al etiquetado y la vigilancia del mercado. Lo propio en términos de la normativa actual para la construcción.

Finalmente, el estudio de caracterización del consumo de energía eléctrica en el sector residencial de los municipios más poblados del

país ha permitido contar con una aproximación de los beneficios económicos y ambientales de las posibles medidas de eficiencia energética que el estado, a la cabeza del Ministerio de Hidrocarburos y Energías, podría impulsar. Se estima que la implementación de medidas de sustitución de energéticos, junto a la sustitución de equipos más eficientes puede reducir el consumo de energía eléctrica en aproximadamente 485 millones de kWh-año, lo cual es equivalente al consumo promedio anual de más de 300,000 familias de los municipios estudiados. Esta cantidad de energía representa un ahorro de aproximadamente 69.8 millones de bolivianos al año (10 millones de dólares). Debe considerarse que este ahorro económico estimado corresponde al costo de la cantidad de energía eléctrica sustituida, tomando como costo unitario del mercado mayorista del Sistema Interconectado Nacional, y no corresponde al ahorro de los consumidores.

La reducción en el consumo de energía eléctrica implica también una reducción importante en la emisión de gases de efecto invernadero. En términos generales la reducción del consumo de 485 millones de kWh reduciría la emisión de CO₂ equivalente en 223,000 toneladas anuales. Sin duda estos datos son estimaciones que deberán ser corroboradas a partir de estudios específicos.

Índice

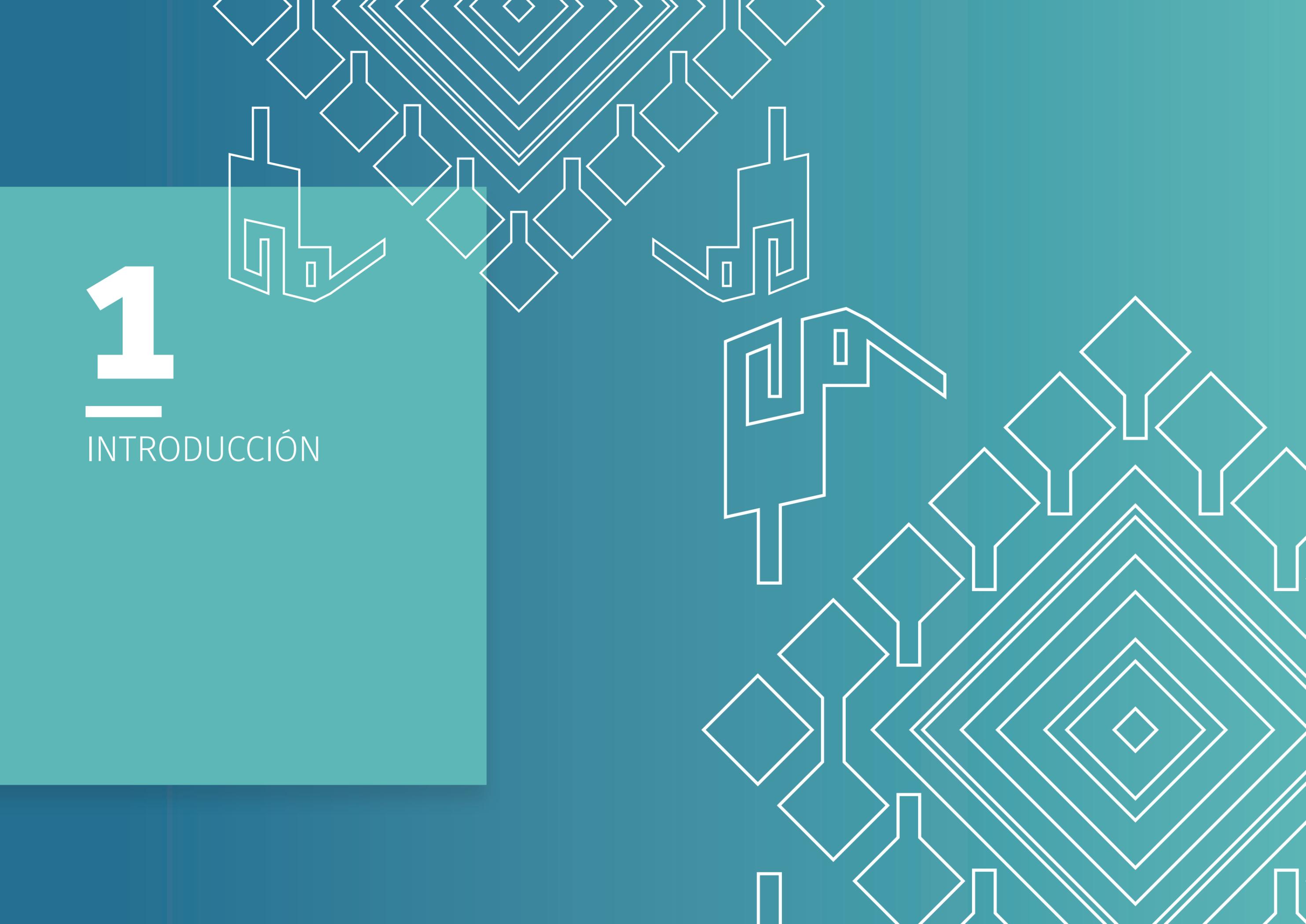


1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 La importancia del estudio de caracterización	7
2. NÚMERO DE HOGARES	8
3. EL EQUIPAMIENTO DE LOS HOGARES	12
3.2 Cantidad de equipos por hogar	15
4. EL CONSUMO EN LOS HOGARES POR TIPO DE ARTEFACTO	20
5. EL CONSUMO DE ENERGÍA Y EL EQUIPAMIENTO SEGÚN TRAMO DE CONSUMO	28
6. CARACTERIZACIÓN DE LA POTENCIA DEMANDADA	42
7. EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS	52
8. CONCLUSIONES	56
9. RECOMENDACIONES	62
10. PROPUESTA PARA UN PLAN DE ACCIÓN EN EFICIENCIA ENERGÉTICA	66
10.1 SUSTITUCIÓN DE ENERGÉTICOS	68
10.2. INTRODUCCIÓN DE EQUIPOS MÁS EFICIENTES	75
11 ANEXOS	83
11.1 Anexo 1 Posesión de artefactos por ciudad y tramo de consumo	84
11.2 Anexo 2 Número de usuarios y consumo para el periodo 2014-2018	86



ABREVIACIONES

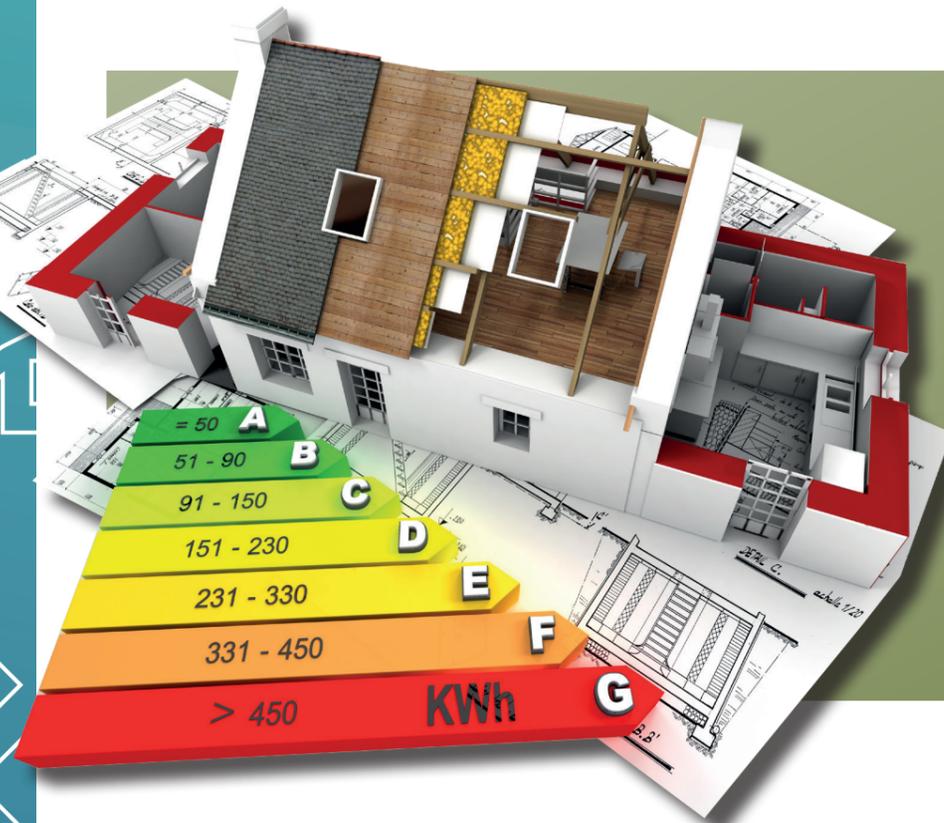
AETN:	Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear
EE:	Eficiencia Energética
GIZ:	Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit
IBNORCA:	Instituto Boliviano de Normalización y calidad
IBMETRO:	Instituto Boliviano de Metrología
MHE:	Ministerio de Hidrocarburos y Energías
OBA:	Organismos Boliviano de Acreditación
PEERR:	Programa de Energías Renovables
SGA:	Sistema de Gestión Ambiental
SGE:	Sistema de Gestión Energética
VMEEA:	Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas



1

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN



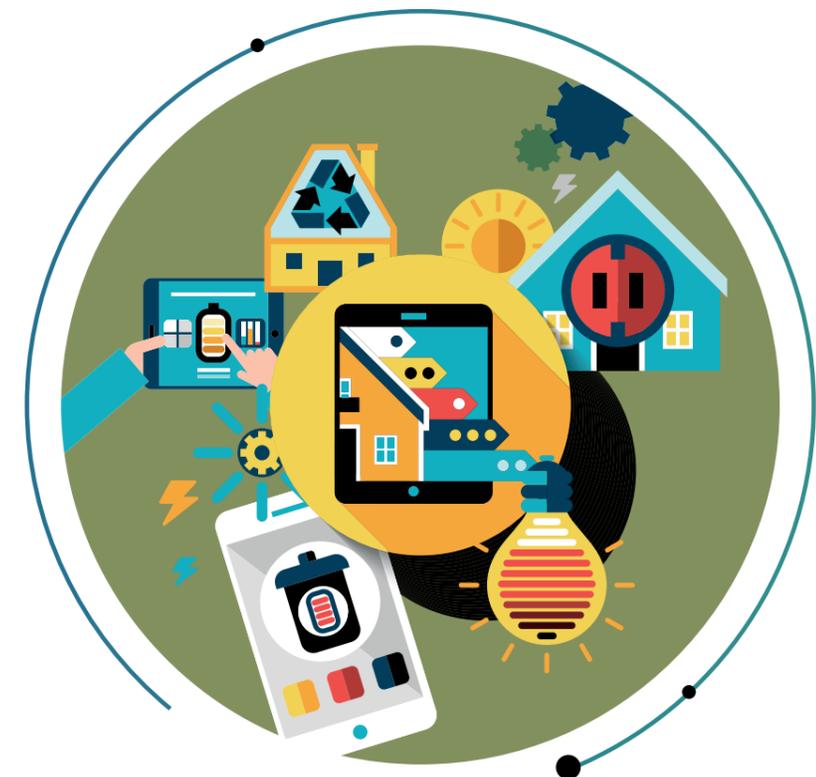
El presente documento tiene el propósito de presentar, por una parte, un análisis de los resultados más importantes encontrados respecto a las características del equipamiento de los hogares y su influencia en el consumo de energía eléctrica, incluyendo una evaluación de los resultados alcanzados a partir de iniciativas anteriores, como las campañas de sustitución de focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas y de otros factores que influyen en la compra de los artefactos eléctricos. Por otra parte, proporcionar un conjunto de recomendaciones destinadas a orientar el desarrollo de políticas públicas destinadas a lograr mayores niveles de eficiencia en el uso final de la electricidad, y la identificación de barreras que limitan el uso de tecnologías más eficientes en el país.

1.1 La importancia del estudio de caracterización

La caracterización del consumo eléctrico en hogares, a partir del análisis de la información obtenida de fuentes confiables y de la aplicación de una encuesta a una muestra representativa de los hogares, permite:

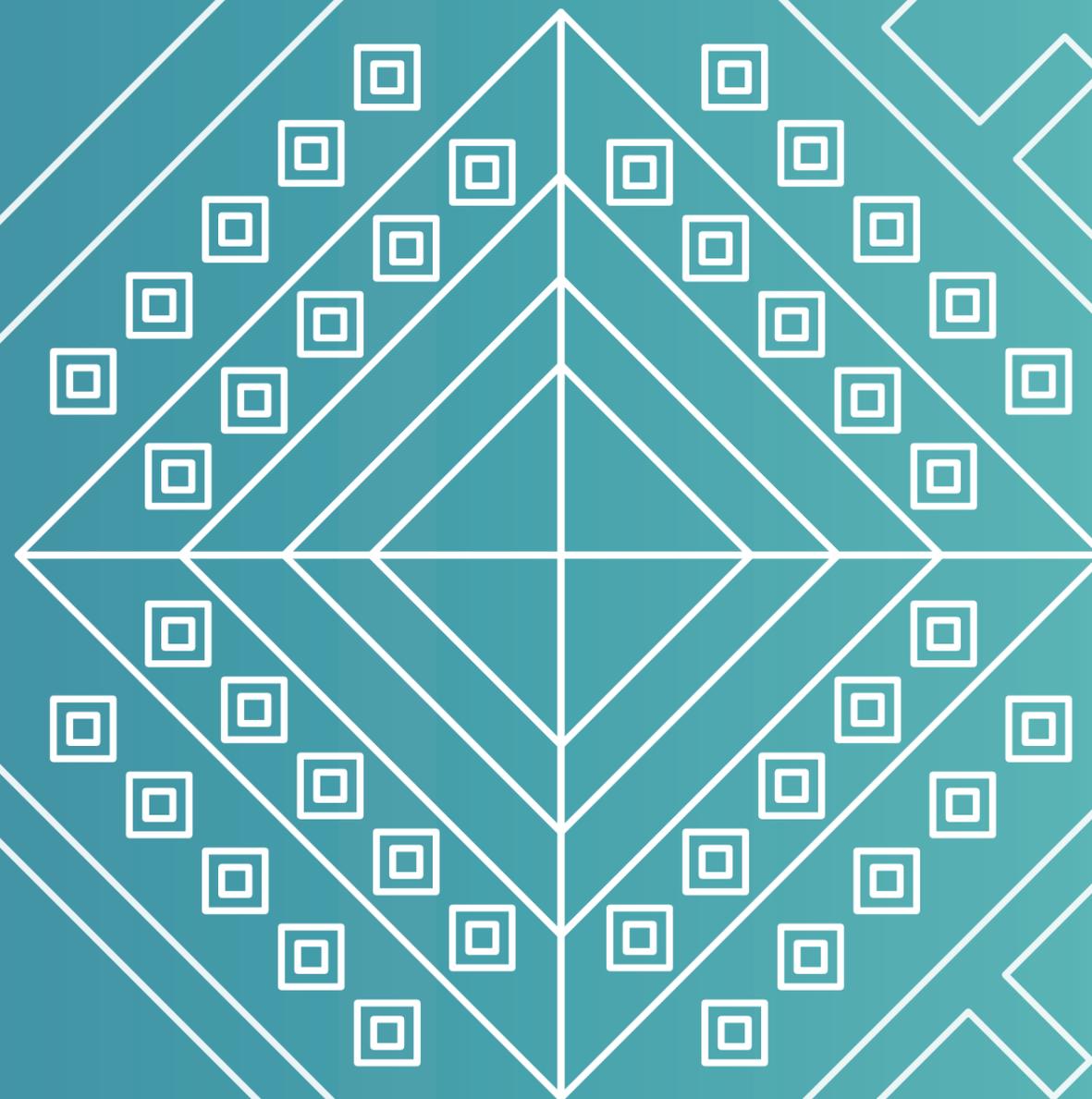
- i. Conocer las características de los artefactos eléctricos para uso del hogar que se oferta en el mercado nacional y su tendencia en términos de actualidad tecnológica.
- ii. Conocer las características del consumo en los hogares por tramo de consumo, el equipamiento con el que cuentan y las tendencias en la adquisición de artefactos eléctricos para satisfacer sus necesidades y bienestar.
- iii. Conocer las diferencias e inequidades entre los usuarios de los diferentes tramos de consumo. Al estar fuertemente correlacionado el consumo de electricidad con el ingreso económico de los hogares, permite aproximarse al análisis socioeconómico de los diferentes estratos sociales.

En esa medida, la caracterización del consumo eléctrico en los hogares es un instrumento para orientar la planificación energética y la definición de políticas de eficiencia energética; adicionalmente, permite ver el uso de la energía eléctrica desde la perspectiva de la demanda, lo cual sirve para establecer criterios y políticas destinadas a generar cambios de actitud y comportamiento en la población.



2

NÚMERO DE
HOGARES



NÚMERO DE HOGARES

El cuadro 2.1 muestra el número de hogares con base en el catastro eléctrico de las ciudades analizadas (La Paz, Santa Cruz, Cochabamba y El Alto), que, a su vez, ha sido segmentado por tramo de consumo. El análisis que contiene este documento ha tomado este dato de hogares para expandir la muestra de la encuesta y será utilizado tanto para el equipamiento de los hogares como para el consumo de energía eléctrica.

En términos generales, los hogares con consumos menores a 70 kWh/mes, que corresponden a la denominada Tarifa Dignidad, representan la mayoría (37%), en tanto que el segmento de mayor consumo representa sólo el 10% de los hogares.

Cuadro 2.1. Número de hogares por ciudad y segmento de consumo*

	Número de conexiones residenciales					
	TOTAL USUARIOS	% por ciudad	SEGMENTO DE CONSUMO			
			< 70 kWh	70,01 a 150,00 kWh	150,01 a 300,00 kWh	300,01 > kWh
La Paz	225,400	20.8%	78,019	70,270	55,510	21,601
Santa Cruz	342,200	31.6%	66,884	99,672	113,445	62,199
Cochabamba	249,505	23.0%	106,193	77,178	49,807	16,327
El Alto	266,889	24.6%	149,613	75,078	34,257	7,941
TOTAL	1,083,994	100.0%	400,709	322,198	253,019	108,068
% por tramo			37.0%	29.7%	23.3%	10.0%

Fuente: Catastro eléctrico AETN.

(*) Los tramos están definidos por el consumo mensual, kWh/mes, en todos los casos.





3

EL EQUIPAMIENTO DE
LOS HOGARES

EL EQUIPAMIENTO DE LOS HOGARES



En este acápite se muestra la información obtenida en la encuesta a hogares, que permite ver las características del equipamiento con el que cuentan en términos de artefactos eléctricos, incluyendo la cantidad por ciudad y por tramo de consumo. A partir de la información obtenida y la oferta actual en el mercado se hará una aproximación de la antigüedad de los equipos y la penetración de nuevas tecnologías.

En términos generales, el cuadro 3.1 muestra la posesión de equipos en los más de un millón de hogares en las 4 ciudades estudiadas. Los artefactos de mayor presencia en los hogares, sin contar luminarias, son los de comunicación audiovisual, conservación de alimentos, electrodomésticos para la ropa y calentamiento de agua. Debe entenderse, en el caso de equipos audiovisuales, que prácticamente todos los hogares cuentan con al menos un equipo de comunicación audiovisual, sea éste un radioreceptor, televisor o reproductor de sonido. En el caso de conservación de alimentos, el 83% de los hogares cuenta con un equipo destinado a este fin, generalmente refrigeradores. Les siguen en importancia los electrodomésticos para la ropa, que en la mayoría de los casos se trata de planchas eléctricas, los artefactos destinados al calentamiento de agua, generalmente duchas eléctricas.

Cuadro 3.1 Artefactos más frecuentes en hogares de las 4 ciudades

% de hogares que poseen algún artefacto del grupo	Total
Cocción de alimentos	38.9%
Comunicación audiovisual	99.1%
Conservación de alimentos	82.8%
Calentamiento de agua	60.6%
Climatización de ambientes	27.1%
Electrodomésticos para la ropa	75.6%
Equipos de computación	44.9%
Artefactos adicionales para el uso del hogar	7.8%
Total hogares	1,083,994

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

La posesión de estos artefactos varía, como es de esperarse, entre las distintas ciudades y también según el tramo de consumo. Así, por ejemplo, los artefactos destinados a la climatización de ambientes son más frecuente en la ciudad de Santa Cruz que en el resto de las ciudades. De la misma manera, en el caso de electrodomésticos para la ropa, que incluye lavadoras, secadoras y planchas, estas últimas son de uso común, pero la presencia de lavadoras y secadoras de ropa se concentran en los segmentos de mayor consumo.

3.1 Cantidad de equipos por hogar

El cuadro 3.2 muestra el número de equipos con los que están equipados los hogares por ciudad y por tramo de consumo. Para cada ciudad se separa el número de artefactos (cocinas, duchas, tv, etc.) del número de luminarias, entendiendo que éstas últimas están en todos los hogares y son de reposición más frecuente. Aproximadamente 8.8 millones de artefactos eléctricos y 8.3 millones de luminarias forman parte del equipamiento de más de 1 millón de hogares. Como se observa, existe un incremento del número de artefactos entre los primeros 3 tramos de consumo, en tanto que en el tramo > a 300kWh es significativamente inferior debido a que el número de usuarios también es menor.



Sin embargo, si se establece una relación entre el número de artefactos y el número de hogares por tramo de consumo, se observa un incremento consistente a medida que el tramo es de mayor consumo. En el caso del número de artefactos por hogar, en todas las ciudades motivo del estudio, la diferencia entre los del tramo < a 70 kWh respecto al tramo > a 300 kWh está alrededor de 3 veces. En el caso del número de luminarias por hogar, esta relación es un tanto menor. (Ver Cuadro 3.3). Estas diferencias se acentúan cuando analizamos el consumo respecto al tipo de artefacto según tramo de consumo, como veremos posteriormente.

Cuadro 3.2. Cantidad de artefactos y luminarias del equipamiento de los hogares

Ciudad		Cantidad de Equipamiento por ciudad y tramo de consumo				
		Total por ciudad	<= 70,00 kWh	70,01 a 150,00 kWh	150,01 a 300,00 kWh	300,01 > kWh
La Paz	Artefactos	2,016,569	431,100	631,764	622,721	330,983
	Luminarias	1,992,400	441,624	614,446	596,985	339,345
Santa Cruz	Artefactos	3,240,373	329,854	794,884	1,244,849	870,786
	Luminarias	2,713,077	355,909	729,267	983,698	644,204
Cochabamba	Artefactos	1,962,154	575,653	637,178	512,301	237,023
	Luminarias	1,966,253	636,197	622,018	499,165	208,873
El Alto	Artefactos	1,616,872	627,812	539,762	346,066	103,233
	Luminarias	1,657,267	740,423	510,442	311,109	95,292
Total	Artefactos	8,835,968	1,964,418,0	2,603,588,0	2,725,937,0	1,542,025,1
	Luminarias	8,328,996	2,174,153	2,476,172	2,390,957	1,287,714
Total General		17,164,964	4,138,571	5,079,760	5,116,893	2,829,739
% Por tramo	Artefactos	100	22.2	29.5	30.9	17.5
	Luminarias	100	26.1	29.7	28.7	15.5

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta.

Cuadro 3.3 Cantidad de artefactos y luminarias por hogar

Ciudad	Tipo de artefacto	Promedio por ciudad	Relación Equipamiento/N° de hogares por tramo de consumo			
			<= 70,00 kWh	70,01 a 150,00 kWh	150,01 a 300,00 kWh	300,01 > kWh
La Paz	Artefactos	8.9	5.5	9.0	11.2	15.3
	Luminarias	8.8	5.7	8.7	10.8	15.7
Santa Cruz	Artefactos	9.5	4.9	8.0	11.0	14.0
	Luminarias	7.9	5.3	7.3	8.7	10.4
Cochabamba	Artefactos	7.9	5.4	8.3	10.3	14.5
	Luminarias	7.9	6.0	8.1	10.0	12.8
El Alto	Artefactos	6.1	4.2	7.2	10.1	13.0
	Luminarias	6.2	4.9	6.8	9.1	12.0
Promedio	Artefactos	8.2	4.9	8.1	10.8	14.3
	Luminarias	7.7	5.4	7.7	9.4	11.9

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

El cuadro 3.4 muestra la cantidad de cada uno de los artefactos que han sido seleccionados en el estudio de caracterización del consumo, por tramo o segmento de consumo.

Cuadro 3.4 Número de artefacto por tipo y tramo de consumo en las 4 ciudades estudiadas

Tipo de artefacto	Total	4 ciudades			
		SEGMENTO CONSUMO			
		<= 70,00 kWh	70,01 a 150,00 kWh	150,01 a 300,00 kWh	300,01 > kWh
Cocción de alimentos	518,242	60,813	147,595	184,586	125,248
Comunicación audiovisual	3,474,902	940,603	1,015,558	1,003,260	515,481
Conservación de alimentos	1,151,694	270,929	359,548	350,453	170,763
Calentamiento de agua	662,770	173,441	208,964	187,297	93,069
Climatización de ambientes	490,416	40,230	106,032	179,729	164,425
Electrodomésticos para la ropa	1,322,030	279,805	410,828	418,240	213,158
Equipos de computación	1,125,857	182,517	328,405	373,560	241,376
Artefactos adicionales	90,057	16,081	26,659	28,812	18,505
Total, sin luminarias	8,835,968	1,964,418	2,603,588	2,725,937	1,542,025
Iluminación	8,328,996	2,174,153	2,476,172	2,390,957	1,287,714
Total general	17,164,964	4,138,571	5,079,760	5,116,894	2,829,739
% por tramo		24.1	29.6	29.8	16.5

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

Los artefactos destinados a la comunicación audiovisual, para la ropa y la conservación de alimentos, junto a computadoras, son los que se presentan en mayor cantidad en todos los segmentos de consumo. Aparentemente, la distribución porcentual de equipos es casi uniforme, excepto en el tramo de mayor consumo (> a 300 kWh/mes), donde se observa un porcentaje menor (16.5%). Sin embargo,

debe tomarse en cuenta la cantidad de hogares en cada segmento de consumo para establecer las características reales del equipamiento por tipo de artefacto. El cuadro 3.5 muestra la relación entre la cantidad en cada tipo de artefactos por hogar en cada tramo.

A manera de ejemplo, si tomamos 100 hogares para cada tramo de consumo y analizamos cada tipo de artefacto con el que cuentan, veremos que en el tramo de menor consumo (Tarifa dignidad) tiene 15 aparatos que tienen que ver con cocción de alimentos (pueden ser microondas, cocina eléctrica u horno), es decir, en el mejor de los casos, hay 15 hogares de los 100 que poseen este tipo de artefacto. Las 100 familias del tramo siguiente tienen 46 equipos, 73 el que sigue y 116 el de mayor consumo. En este último caso, existen familias que tienen más de un equipo de este tipo. En el caso de conservación de alimentos, en el primer tramo, 68 hogares tienen refrigerador, también en el mejor de los casos. En el otro extremo, en promedio tienen más de 1 equipo de este tipo por hogar.

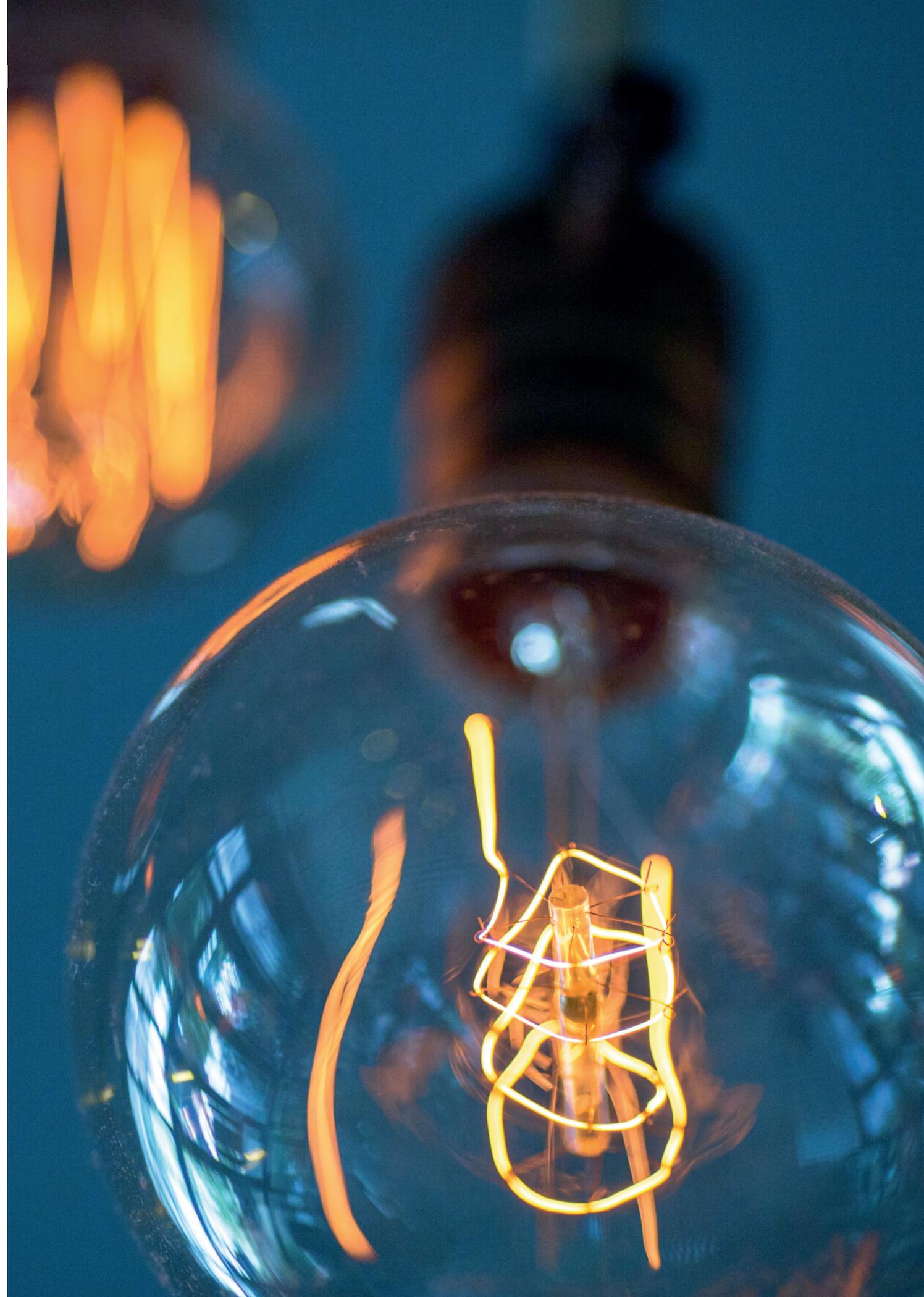
En el caso de equipos de climatización de ambientes, en el tramo de menor consumo, 10 de cada 100 hogares tiene algún equipo, que puede ser desde una ventiladora hasta un equipo de calefacción o Split. En el tramo de mayor consumo, al menos el 50% de los hogares de este tramo puede llegar a tener hasta 2 equipos de climatización.

Cuadro 3.5 Cantidad por tipo de artefactos por hogar y tramo

Tipo de artefacto	4 ciudades			
	Cantidad artefactos por hogar			
	<= 70,00 kWh	70,01 a 150,00 kWh	150,01 a 300,00 kWh	300,01 > kWh
Cocción de alimentos	0,15	0,46	0,73	1,16
Comunicación audiovisual	2,35	3,15	3,97	4,77
Conservación de alimentos	0,68	1,12	1,39	1,58
Calentamiento de agua	0,43	0,65	0,74	0,86
Climatización de ambientes	0,10	0,33	0,71	1,52
Electrodomésticos para la ropa	0,70	1,28	1,65	1,97
Equipos de computación	0,46	1,02	1,48	2,23
Artefactos adicionales para el uso del hogar	0,04	0,08	0,11	0,17
Total sin luminarias	4,90	8,08	10,77	14,27
Iluminación	5,43	7,69	9,45	11,92
Total general	10,33	15,77	20,22	26,18

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

Este tipo de relación, en términos de la cantidad de equipos por hogar, tiene que ver, por supuesto, con el nivel consumo de energía eléctrica y, en consecuencia, con el nivel de ingreso económico del hogar, pero esta relacionado también con el nivel de confort de las familias y con la utilización ineficiente de la energía.



4

EL CONSUMO EN
LOS HOGARES
POR TIPO DE
ARTEFACTO



4

EL CONSUMO EN LOS HOGARES POR TIPO DE ARTEFACTO

Como se ha visto anteriormente, los hogares de los tramos de consumo más elevado son los que cuentan con mayor equipamiento y, por tanto, tienen niveles de consumo más elevado. A continuación se intenta mostrar el consumo en cada tramo y cómo este consumo se distribuye entre los distintos tipos de artefactos que forman parte del equipamiento de los hogares.

Como se observa en el Cuadro 4.1, para el conjunto de las ciudades analizadas, el consumo de energía mensual alcanza a 142.9 millones de kWh. Los tramos de consumo intermedios, es decir, entre 71 kWh/mes hasta los 300 kWh, suman prácticamente el 60% del consumo total, e involucran al 53% de los hogares. En los extremos, el 37% de hogares que está en el tramo < a 70 kWh/mes consume el 11% del total de la energía del sector doméstico, en tanto que el 10% de los hogares que están en el tramo > a 300 kWh/mes, consumen 30% de la energía. Esto muestra el grado de inequidad en el consumo de energía eléctrica en los hogares.

En general, el equipamiento destinado a: calentamiento de agua, conservación de alimentos, comunicación audiovisual e iluminación son responsables, en conjunto, del 82% del consumo. En el tramo < a 70 kWh/mes, este grupo de equipamiento representa el 95%, mientras que, en el otro extremo, > a 300 kWh/mes, alcanza al 69%. Sin embargo, si analizamos los artefactos destinados a la cocción, también para esos tramos, constituyen el 0.34% y 8.2%, respectivamente; en el caso de climatización 0.6% frente a 15%, respectivamente.

Cuadro 4.1 Consumo por tramo según tipo de artefacto en los hogares

Tipo de Artefacto	Total	Consumo por tramo de consumo [kWh]				% consumo por tramo de consumo				
		<= 70,00 kWh	70,01 a 150,00 kWh	150,01 a 300,00 kWh	300,01 > kWh	<= 70,00 kWh	70,01 a 150,00 kWh	150,01 a 300,00 kWh	300,01 > kWh	% Artefacto
Cocción de alimentos	6,887,516	53,450	554,540	2,777,477	3,502,049	0.8	8.1	40.3	50.8	100
Comunicación audiovisual	27,543,935	4,603,250	7,745,954	9,278,816	5,915,915	16.7	28.1	33.7	21.5	100
Conservación de alimentos	34,283,877	4,949,783	10,368,408	12,149,569	6,816,117	14.4	30.2	35.4	19.9	100
Calentamiento de agua	40,649,521	2,902,996	8,241,032	16,605,143	12,900,351	7.1	20.3	40.8	31.7	100
Climatización de ambientes	9,690,770	96,339	627,629	2,605,722	6,361,081	1.0	6.5	26.9	65.6	100
Electrodomésticos para la ropa	3,863,147	321,041	864,855	1,426,686	1,250,565	8.3	22.4	36.9	32.4	100
Equipos de computación	2,411,118	284,226	544,909	977,227	604,757	11.8	22.6	40.5	25.1	100
Artefactos adicionales	2,333,292	32,243	228,519	637,639	1,434,892	1.4	9.8	27.3	61.5	100
Iluminación	15,232,199	2,503,317	4,129,442	4,914,941	3,684,500	16.4	27.1	32.3	24.2	100
Total	142,895,377	15,746,643	33,305,287	51,373,220	42,470,227	11.0	23.3	36.0	29.7	100

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

A continuación, se analizan los grupos de artefactos con mayores niveles de consumo

CALENTAMIENTO DE AGUA

En números redondos, el 28% del consumo está asociado con los artefactos destinados al calentamiento de agua: calefones y calentadores eléctricos de paso (duchas). Una de las características del consumo de energía eléctrica en el calentamiento de agua consiste en su concentración en muy poco tiempo, normalmente en horas de la mañana (7:00 a 8:00 horas) con demandas de potencia elevadas (equipos que sobrepasan los 7,000W), y en el caso de Santa Cruz, también con incidencia en el horario "de punta" (18:00 a 23:00). Esta característica del calentamiento de agua (alta potencia demandada y concentración en pocas horas) tiene efecto sobre el equipamiento para la distribución eléctrica en las ciudades, principalmente en la capacidad de los transformadores, lo cual incide en el costo de la distribución de energía eléctrica.



La mayor o menor incidencia en el consumo depende del tipo de equipo (tecnología) y de los hábitos de uso. En el primer caso, se ha observado que el mercado local oferta duchas cada vez de mayor potencia. Los tradicionales artefactos de 2,500W han sido reemplazados por artefactos de mayor potencia, existiendo, incluso, equipos que superan los 7,000W. Por su parte, los hábitos de consumo pueden llegar a ser negativos por el

tiempo de cada sesión de ducha, alcanzándose hasta 30 minutos, en casos extremos.

Debe tomarse en cuenta, también, que los artefactos eléctricos destinados al calentamiento de agua pueden ser sustituidos por calentadores a gas natural en los hogares que tienen conexión domiciliaria de este combustible.

CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

Por su parte, los artefactos destinados a la conservación de alimentos, especialmente refrigeradores, son responsables del 24% del consumo. En este caso, el consumo de energía eléctrica se distribuye de manera uniforme a lo largo de las 24 horas del día, y la potencia demandada es casi constante durante todo ese tiempo, constituyendo una especie de base de la demanda.

Su incidencia en el consumo depende, como en el anterior caso, de la tecnología y de los

hábitos de uso. La potencia media demandada por estos artefactos depende de su capacidad o volumen, siendo los más comunes en los hogares los de 11 a 15 pies cúbicos y los de 5 a 10 pies cúbicos. El consumo, por tanto, estará en función a su capacidad. Sin embargo, otros aspectos intervienen en la eficiencia del uso de estos equipos, como su ubicación en el hogar, el mantenimiento del equipo, la cantidad de productos que se introducen y la frecuencia con la que se abren las puertas. El mercado oferta tecnología con sistemas inverter, pero su penetración en los hogares es aún pequeña.



COMUNICACIÓN AUDIOVISUAL

Los equipos destinados a la comunicación audiovisual, que incluye televisores y aparatos de sonido, son responsables del 19% del consumo. Generalmente, su incidencia en el consumo está en distintos horarios, con mayor incidencia en el horario "de punta" por tratarse de equipamiento para el entretenimiento de los miembros del hogar.

En el caso de los televisores, la mayoría de los hogares están equipados con tecnología antigua, TV de tubo de rayos catódicos o CRT (TV de tubo) y plasma, los cuales tienen mayor demanda de potencia por área de la pantalla. Por ejemplo, un televisor de tubo tiene una demanda promedio de 2W/pulgada, en tanto que uno de plasma demanda 1.4W/pulgada. Actualmente, el mercado oferta televisores con pantalla LED cuya demanda de potencia es de 0.94W/pulgada. Sin embargo, esto no contribuye directamente al ahorro de energía, pues los usuarios adquieren televisores con mayores tamaños de pantalla. Un televisor con pantalla LED de 48 pulgadas puede demandar 78W de potencia como promedio, algo así como 1.7W/pulgada. En este caso, el usuario está recibiendo mayor satisfacción por una potencia similar al de un televisor con pantalla LCD. Debe recordarse, como se vio anteriormente, que los aparatos de comunicación audiovisual son los más frecuentes en los hogares.



ILUMINACIÓN

La iluminación en los hogares es responsable del 11% del consumo de energía eléctrica, aproximadamente. Está presente en todos los hogares y su incidencia en la demanda de potencia está, principalmente, en el horario “de punta”.

La oferta tecnológica del mercado ha tenido una fuerte incidencia en el equipamiento de los hogares con los artefactos destinados a la iluminación. La penetración de los focos fluorescentes compactos en los hogares se ha masificado en los últimos 5 años, desplazando a los focos incandescentes tradicionales, que, en la actualidad, representan un porcentaje menor: 12% frente a 67%, como se observa en el cuadro 4.2. Incluso la tecnología LED tiene una incidencia mayor que los focos incandescentes.

Cuadro 4.2 Cantidad de luminarias por tipo de tecnología

Tipo de luminaria	Total	%
Incandescente	1,017,027	12.2
Fluorescente compacto	5,607,398	67.3
Tubos fluorescentes	501,244	6.0
Dicroicos	25,739	0.3
Foco halógeno	24,204	0.3
Led	1,099,021	13.2
Lámparas de Led	54,000	0.6
Total	8,328,633	100.0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta.

Sin duda, el precio, cada vez menor, junto a su efecto sobre la factura eléctrica de los hogares y las ventajas en términos de duración de las luminarias, han impulsado la presencia masiva de estos artefactos en los hogares. Este hecho ha desincentivado la importación de focos incandescentes, cada vez más escasos en el mercado. Durante el trabajo de campo para evaluar el mercado de artefactos eléctricos, algunas casas importadoras han expresado que están suspendiendo la importación de las luminarias incandescentes.

Sin embargo, la calidad de la oferta de FFC y LED no está garantizada para el usuario final. La ausencia de sistemas de control y de vigilancia del mercado ha llevado a que el mercado oferte una variedad de focos que no necesariamente cumplen con los parámetros estipulados en sus etiquetas. Las Pruebas realizadas por el Instituto Boliviano de Metrología (IBMETRO) dan cuenta de esta situación.

CLIMATIZACIÓN DE AMBIENTES

Los artefactos destinados a la climatización de ambientes de los hogares, entre ellos, estufas eléctricas y equipos de frío, son responsables del 7% del consumo de los hogares. Su uso tiene incidencia en la demanda por la elevada potencia media de estos equipos: entre 400 W y 750 W, en el caso de equipos de frío; y de 600 a 900 W, en el caso de estufas. En el caso de ciudades como La Paz y El Alto, su incidencia es más marcada en el periodo “de punta”, especialmente en el invierno. En el caso de Santa Cruz, la incidencia de los equipos de climatización por frío es mayor en el verano y en un horario que puede variar entre las 14:00 y las 20.00, afectando también el periodo “de punta”. A diferencia del equipamiento destinado a la iluminación, la presencia de equipamiento para la climatización no corresponde a todos los hogares sino a los de mayor consumo, principalmente. Esto se podrá observar mejor analizando las curvas de carga de cada una de las ciudades en el capítulo 6.

La tecnología de artefactos destinados a enfriar ambientes ha cambiado rápidamente en los últimos años. Los equipos tradicionales, denominados de ventana, están siendo reemplazados por los Split, y últimamente por tecnología “inverter”. El equipamiento con este tipo de equipos está presente únicamente en los hogares de la ciudad de Santa Cruz. Como se observa en el cuadro 4.3, el grueso de los equipos corresponde al tipo Split, con muy baja presencia de Split inverter.

Cuadro 4.3 Cantidad de equipos de aire acondicionado por tipo de tecnología

CANTIDAD DE AIRE ACONDICIONADO SEGÚN TECNOLOGÍA	TOTAL UNIDADES	%
Aire acondicionado tipo ventana	17,900	11.3
Split central, piso pared	134,856	85.5
Split piso techo inverter	4,990	3.2
SUB TOTAL	157,746	100.0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta.

Más allá de la eficiencia de la tecnología de los artefactos destinados a la climatización de ambientes, la eficiencia en el uso final está condicionada, en gran medida, por otros factores, como la falta de aislamiento en las viviendas (características de la construcción), por los hábitos de los usuarios, por la ubicación de los equipos y por el mantenimiento que se les brinda.

Aun cuando no se tiene información respecto a años anteriores, el incremento del ingreso económico de las familias y los relativamente bajos precios de estos equipos han estimulado a las familias a instalarlos en sus hogares.



5

EL CONSUMO
DE ENERGÍA Y EL
EQUIPAMIENTO
SEGÚN TRAMO DE
CONSUMO



5

EL CONSUMO DE ENERGÍA Y EL EQUIPAMIENTO SEGÚN TRAMO DE CONSUMO

El consumo de energía eléctrica por parte de los hogares está directamente relacionado, como es de esperar, por el grado de equipamiento; es decir, por la cantidad de artefactos eléctricos de uso doméstico con los que cuenta una familia para satisfacer sus necesidades básicas y su confort. Por su parte, el nivel o grado de equipamiento dependerá, fundamentalmente, del ingreso económico de los hogares. El análisis de las diferencias del consumo de energía eléctrica por tramo de consumo, tomando en cuenta el tipo de artefacto, nos permite visualizar un nivel de inequidad en el consumo de electricidad.

En términos generales, es decir, tomando en cuenta el total consumido en las 4 ciudades analizadas, el cuadro 3.4 muestra que existe una brecha apreciable entre los usuarios que pertenecen a los tramos de menor consumo (< a 70 kWh/mes y 71 a 150 kWh/mes) frente a los usuarios que están en los tramos de mayor consumo, (> a 150 kWh/mes). Sin embargo, llama la atención algunos casos extremos. Los usuarios del tramo < a 70 kWh/mes consumen el 0.8% del total de la energía que se usa en artefactos destinados a la cocción de alimentos. Los tramos de mayor consumo, 150 a 300 kWh/mes y más de 300 kWh/mes, consumen el 40.3% y 50.8%, respectivamente. Se debe interpretar que estos últimos dos tramos cuentan con microondas y, posiblemente, cocinas y hornos eléctricos.

Si analizamos el consumo destinado a los artefactos destinados al calentamiento de agua, el tramo < a 70 kWh/mes consume el 7% de la energía que se consume en estos artefactos, en tanto que el 72% corresponde a los tramos de consumo más altos. Es necesario destacar que el calentamiento de agua está destinado, principalmente, a la higiene de los miembros de los hogares. También llama la atención el consumo de energía que corresponde a la climatización de ambientes: 1% para el tramo < a 70 kWh

frente a 66% del otro extremo. En el caso del consumo de energía en equipos de computación la brecha es de 11% en el tramo de menor consumo, frente a 66% de los tramos de mayor consumo.

En los siguientes cuadros se presenta la información desagregada, respecto a estas diferencias, para cada una de las ciudades analizadas.

LA PAZ

Como referencia general, el gráfico 5.1 muestra la distribución porcentual de usuarios del servicio eléctrico de la categoría doméstica de la ciudad de La Paz, por tramo de consumo.

El gráfico 5.2 muestra la distribución porcentual del consumo de energía eléctrica en el sector doméstico de la ciudad de La Paz, también por tramo. Como se advierte, en los 2 tramos de menor consumo, que concentran el 64% de los hogares, el consumo de energía es tan solo el 35% del total consumido.

El cuadro 5.1 muestra la distribución del consumo de energía por tipo de artefacto y tramo de consumo.

Si analizamos el consumo de manera desagregada por tipo de artefacto y por tramo de consumo, la ciudad de La Paz reproduce las características de desigualdad que se vio para las cuatro ciudades en conjunto. El 87% del consumo total (todos los tramos) se concentra en Calentamiento de agua, comunicación audiovisual, conservación de alimentos e iluminación. En el caso de los hogares que pertenecen al tramo < a 70 kWh/mes, el consumo en estos mismos artefactos representa el 94% del consumo del tramo, en el caso de los > a 300 kWh/mes, representa el 74% del consumo del tramo.

Gráfico 5.1: Porcentaje de usuarios por tramo de consumo La Paz

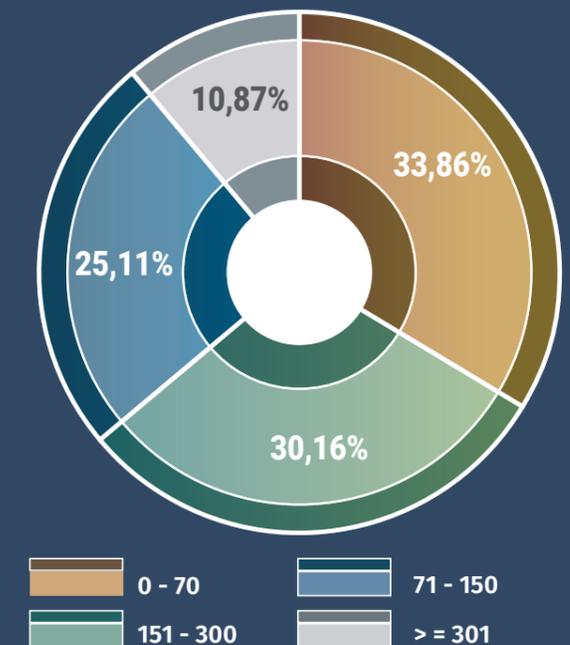
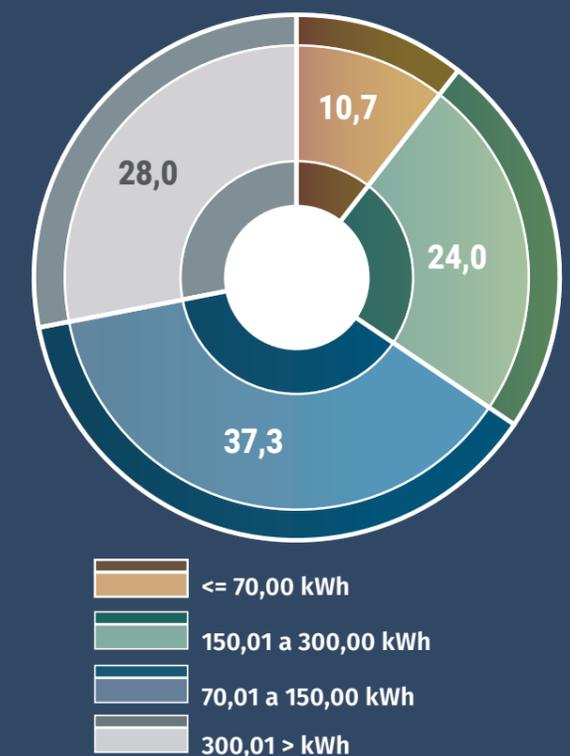


Gráfico 5.2: Porcentaje de consumo por tramo de consumo La Paz



Cuadro 5.1 Distribución del consumo por tipo de artefacto y tramo de consumo, La Paz

Tipo de Artefacto	Total	Consumo por tramo de consumo [kWh]				% consumo por tramo de consumo				
		<= 70.00 kWh	70.01 a 150.00 kWh	150.01 a 300.00 kWh	300.01 > kWh	<= 70,00 kWh	70,01 a 150,00 kWh	150,01 a 300,00 kWh	300,01 > kWh	% Artefacto
Cocción de alimentos	1,939,368	25,448	173,590	622,731	1,117,598	1.3	9.0	32.1	57.6	100.00
Comunicación audiovisual	6,536,676	869,739	1,634,027	2,324,697	1,708,214	13.3	25.0	35.6	26.1	100.00
Conservación de alimentos	5,793,823	789,187	1,862,192	1,949,089	1,193,355	13.6	32.1	33.6	20.6	100.00
Calentamiento de agua	10,060,466	883,113	2,265,755	4,538,086	2,373,512	8.8	22.5	45.1	23.6	100.00
Climatización de ambientes	292,089	6,800	11,640	25,490	248,159	2.3	4.0	8.7	85.0	100.00
Electrodomésticos para la ropa	1,016,328	78,500	194,921	320,354	422,554	7.7	19.2	31.5	41.6	100.00
Equipos de computación	559,403	68,451	127,380	213,590	149,981	12.2	22.8	38.2	26.8	100.00
Artefactos adicionales para el uso del hogar	219,511	425	4,125	7,630	207,332	0.2	1.9	3.5	94.5	100.00
Iluminación	3,615,956	478,265	940,283	1,209,447	987,962	13.2	26.0	33.4	27.3	100.00
Total	30,033,621	3,199,927	7,213,913	11,211,114	8,408,667	10.7	24.0	37.3	28.0	100.00

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

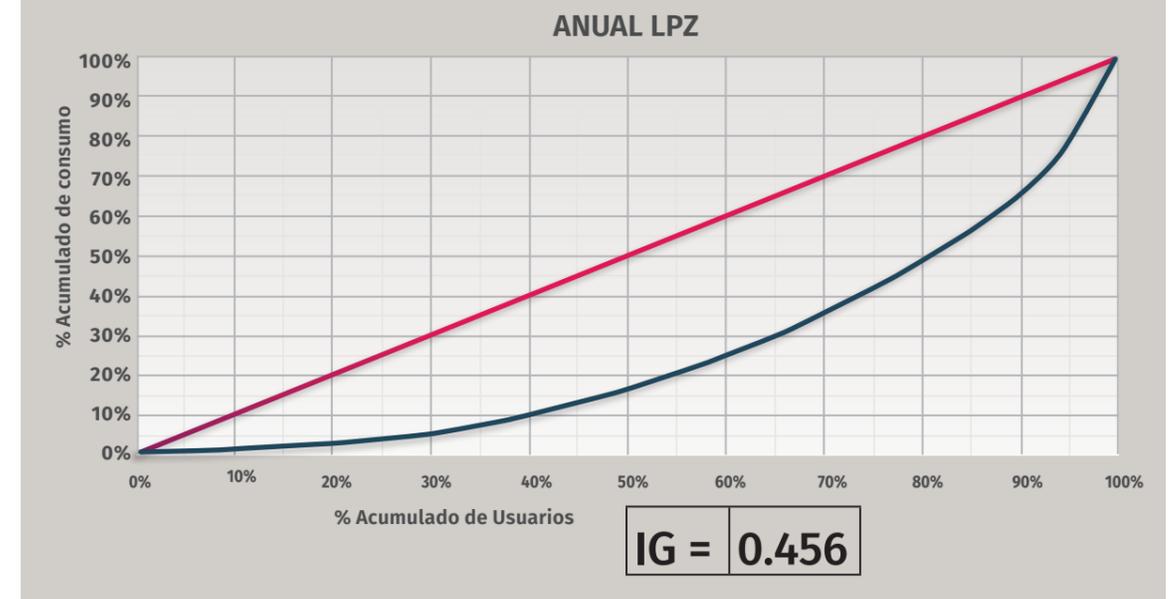
Los artefactos destinados a cocción de alimentos, climatización de ambientes, electrodomésticos para la ropa y artefactos adicionales, presentan las mayores brechas entre el tramo de menor consumo y el de mayor consumo. Para el tramo < a 70 kWh/mes, el consumo en equipos para la cocción de alimentos representa el 0.8 por ciento del consumo del tramo, para los hogares del tramo > 300kWh/mes, el 13.3% del consumo del tramo; en el caso de climatización, 0.2% frente a 2.9%; en electrodomésticos para la ropa, 2.4% frente a 5.3; y en artefactos adicionales, 0.01% frente a 2.5%.

A manera de comparación, el cuadro 5.2 muestra la relación del consumo entre los 2 tramos de mayor consumo (150 a 300 kWh/mes y >300 kWh/mes) respecto a los 2 tramos de menor consumo (< 70 y 70 a 150 kWh/mes), para cada tipo de equipamiento. Como ya se mencionó, las mayores diferencias se presentan en artefactos destinados a la cocción de alimentos, climatización de ambientes y artefactos adicionales.

Cuadro 5.2 Relación del consumo entre tramos de menor y mayor consumo

Tipo de Artefacto	A	B	B/A
	<= 70.00 a 150 kWh	151 a >300 kWh	
Cocción de alimentos	199,038	1,740,330	8.7
Comunicación audiovisual	2,503,766	4,032,911	1.6
Conservación de alimentos	2,651,379	3,142,444	1.2
Calentamiento de agua	3,148,867	6,911,599	2.2
Climatización de ambientes	18,441	273,649	14.8
Electrodomésticos para la ropa	273,421	742,908	2.7
Equipos de computación	195,831	363,572	1.9
Artefactos adicionales para el uso del hogar	4,550	214,961	47.2
Iluminación	1,418,547	2,197,409	1.5
Total	10,413,840	19,619,782	1.9

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

Gráfico 5.3 Curva de Lorentz e índice de Gini, La Paz

La curva de Lorentz y el índice de Gini (0.46) para la ciudad de La Paz refleja el alto nivel de inequidad en el consumo de energía eléctrica en la ciudad de La Paz. Como se observa en el gráfico 5.3, aproximadamente el 30% de los usuarios consumen alrededor del 6% de la energía, en

tanto que, en el otro extremo, el 10% de los usuarios consume el 35% de la energía. Estas proporciones son coincidentes con el tramo < a 70 kWh/mes y el > a 300 kWh/mes, respectivamente. Esto muestra el carácter regresivo del servicio de energía eléctrica.

Gráfico 5.4 Porcentaje de usuarios por tramo de consumo Santa Cruz

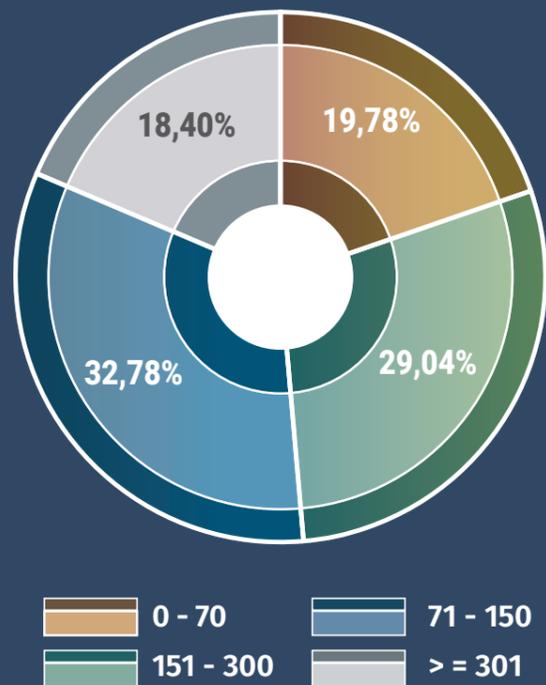
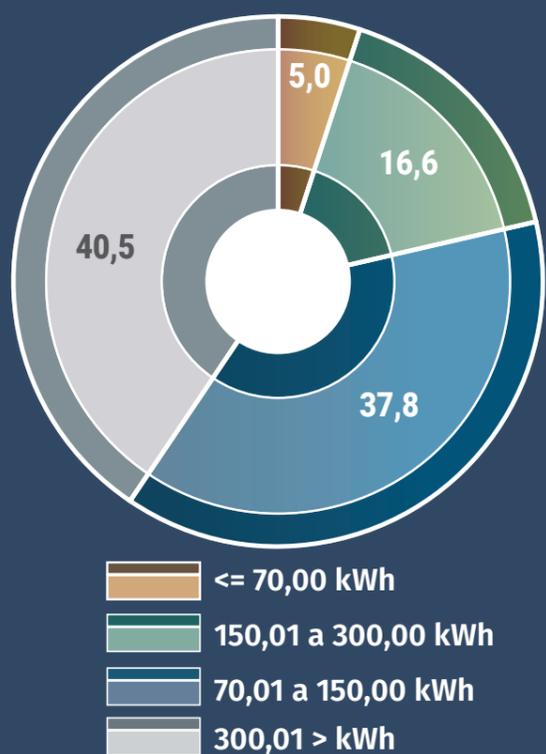


Gráfico 5.5: Porcentaje de Consumo por tramo de consumo Santa Cruz



SANTA CRUZ

Para el caso de la ciudad de Santa Cruz, como referencia general, el gráfico 5.4 muestra la distribución porcentual de los usuarios de la categoría doméstica, por tramo de consumo. En tanto que el gráfico 5.5 muestra la distribución porcentual del consumo de energía eléctrica de los usuarios por tramo de consumo.

En este caso el 51% de los hogares pertenecen a los tramos de consumo más altos, los cuales, a su vez, consumen 78% de la energía eléctrica. El tramo que corresponde a la Tarifa Dignidad (< a 70 kWh) agrupa al 20% de los hogares y es responsable de solo el 5% del consumo.

En términos de la cantidad de energía consumida por tipo de artefacto del equipamiento de los hogares, el consumo se concentra en los artefactos destinados a conservación de alimentos, calentamiento de agua, comunicación audiovisual, climatización de ambientes e iluminación. A diferencia de la ciudad de La Paz, donde el consumo para el calentamiento de agua era el mayor, en el caso de Santa Cruz, el mayor consumo está en los equipos para la conservación de alimentos; también es importante recalcar que el consumo destinado a la climatización de ambientes es mayor que el que corresponde a iluminación.

El 90% del consumo doméstico en Santa Cruz se concentra en el grupo de artefactos antes mencionados. En el tramo de menores consumos, estos mismos 5 grupos de artefactos representan el 96% del consumo del tramo, en tanto que en el de mayor consumo el 88% del consumo del tramo. Sin embargo, las mayores diferencias se encuentran en cocción de alimentos, climatización de ambientes y calentamiento de agua. El tramo < a 70 kWh/mes consume en artefactos destinados a la cocción de alimentos el 0.18% del consumo total del tramo, en tanto que el tramo > a 300 kWh/mes, consume el 8% del total consumido en el respectivo tramo; en el caso de climatización de ambientes, tenemos 2.5% en el tramo menor frente a 23.3% en el tramo de mayor consumo; en el caso de calentamiento de agua, 1.3% frente a 28.8%. En el Cuadro 5.3 se puede apreciar el detalle para la ciudad de Santa Cruz.

Cuadro 5.3 Distribución del consumo por tipo de artefacto y tramo de consumo, Santa Cruz

Tipo de Artefacto	Total	Consumo por Tramo de consumo [kWh]				% consumo por tramo de consumo				
		<= 70,00 kWh	70,01 a 150,00 kWh	150,01 a 300,00 kWh	300,01 > kWh	<= 70,00 kWh	70,01 a 150,00 kWh	150,01 a 300,00 kWh	300,01 > kWh	% Artefacto
Cocción de alimentos	3,512,761	5,631	138,917	1,311,696	2,056,517	0.2	4.0	37.3	58.5	100.0
Comunicación audiovisual	10,081,744	806,489	2,198,267	4,077,894	2,999,093	8.0	21.8	40.4	29.7	100.0
Conservación de alimentos	17,725,396	1,494,664	4,630,101	7,040,927	4,559,704	8.4	26.1	39.7	25.7	100.0
Calentamiento de agua	13,578,306	43,370	822,963	5,423,748	7,288,226	0.3	6.1	39.9	53.7	100.0
Climatización de ambientes	9,009,416	78,668	561,906	2,479,242	5,889,600	0.9	6.2	27.5	65.4	100.0
Electrodomésticos para la ropa	1,784,476	103,593	349,881	660,584	670,418	5.8	19.6	37.0	37.6	100.0
Equipos de computación	833,111	28,017	155,204	336,952	312,937	3.4	18.6	40.4	37.6	100.0
Artefactos adicionales para el uso del hogar	101,308	95	11,972	76,318	12,924	0.1	11.8	75.3	12.8	100.0
Iluminación	5,839,153	582,567	1,492,187	2,227,230	1,537,169	10.0	25.6	38.1	26.3	100.0
Total	62,465,670	3,143,093	10,361,398	23,634,590	25,326,590	5.0	16.6	37.8	40.5	100.0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

A manera de comparación, el cuadro 5.4 muestra la relación del consumo entre los 2 tramos de mayor consumo (150 a 300 kWh/mes y >300 kWh/mes) respecto a los 2 tramos de menor consumo (< 70 y 70 a 150 kWh/mes), para cada tipo de equipamiento.

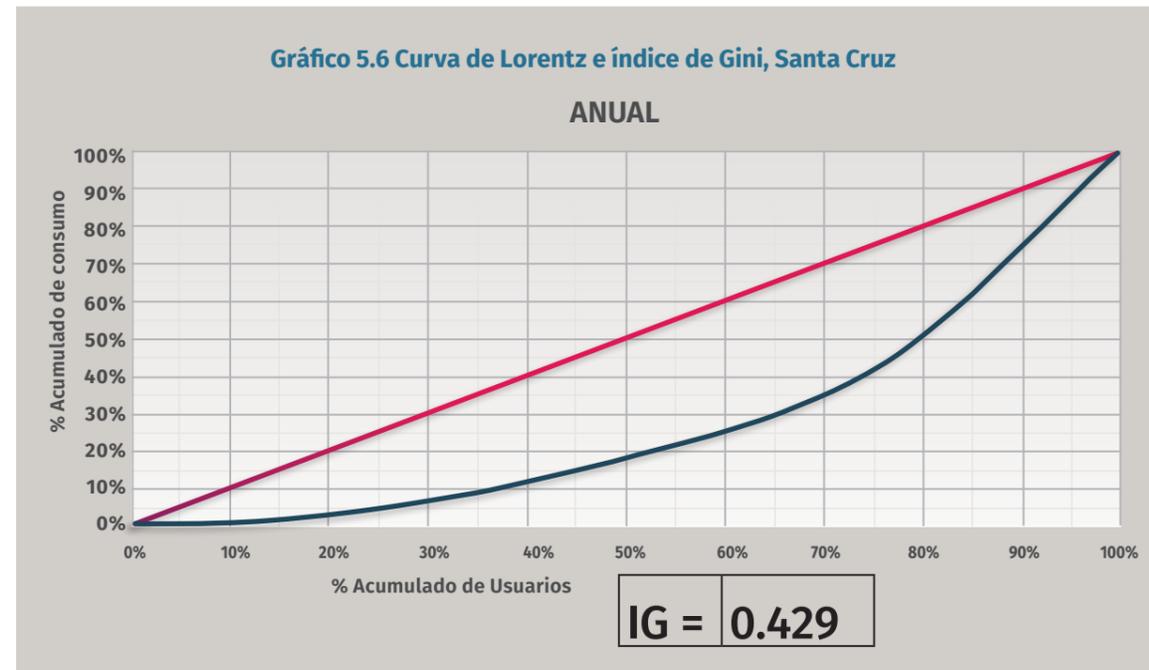
Cuadro 5.4 Relación del consumo entre tramos de menor y mayor consumo

Tipo de Artefacto	A	B	B/A
	<= 70.00 a 150 kWh	151 a >300 kWh	
Cocción de alimentos	144,547	3,368,213	23.3
Comunicación audiovisual	3,004,756	7,076,988	2.4
Conservación de alimentos	6,124,765	11,600,631	1.9
Calentamiento de agua	866,332	12,711,974	14.7
Climatización de ambientes	640,574	8,368,842	13.1
Electrodomésticos para la ropa	453,475	1,331,001	2.9
Equipos de computación	183,221	649,890	3.5
Artefactos adicionales para el uso del hogar	12,067	89,242	7.4
Iluminación	2,074,754	3,764,399	1.8
Total	13,504,491	48,961,180	3.6

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

La curva de Lorentz y el índice de Gini para la ciudad de Santa Cruz reflejan el nivel de inequidad en el consumo de energía eléctrica. Como se observa en el gráfico 5.6, aproximadamente el 30% de las familias consumen alrededor del 7%

de la energía, en tanto que, en el otro extremo, el 20% de los usuarios consume el 50% de la energía. Aun cuando el índice de Gini (0.43) es menor al de la ciudad de La Paz, persiste el carácter regresivo del servicio de energía eléctrica.



COCHABAMBA

Para el caso de la ciudad de Cochabamba, como referencia general. El gráfico 5.7 muestra la distribución porcentual de los usuarios de la categoría doméstica, por tramo de consumo. En tanto que el gráfico 5.8, muestra la distribución porcentual del consumo de energía eléctrica de los usuarios por tramo de consumo.

En este caso el 75% de los hogares pertenecen a los tramos de consumo bajos (< a 70 kWh/mes y 71 a 150 kWh/mes, los cuales, a su vez, consumen 44% de la energía eléctrica; a los tramos de mayor consumo (151 a 300 kWh/mes y > a 300 kWh/mes) corresponde el 25% de los hogares que consume el 56% de la energía. En el caso de Cochabamba, a diferencia de La Paz y Santa Cruz, el tramo que corresponde a la Tarifa Dignidad (< a 70 kWh) es el que agrupa al mayor número de hogares con el 41%.

En términos del consumo de energía eléctrica por tipo de artefacto, el 92% del consumo está destinado a artefactos que tienen que ver con calentamiento de agua, conservación de alimentos, comunicación audiovisual, iluminación y artefactos adicionales. Como en las otras dos ciudades analizadas anteriormente, existen diferencias marcadas entre los distintos tramos de consumo. Las mayores diferencias se presentan en cocción de alimentos, climatización y artefactos adicionales. El tramo de menor consumo emplea el 0.34% de la energía del tramo; en aparatos de climatización el 0.2% frente a 1.0%; en artefactos adicionales, 0.7% frente a 20.4%, siempre con relación a su respectivo tramo de consumo (ver cuadro 5.5).

Gráfico 5.7 Porcentaje de usuarios por tramo de consumo Cochabamba

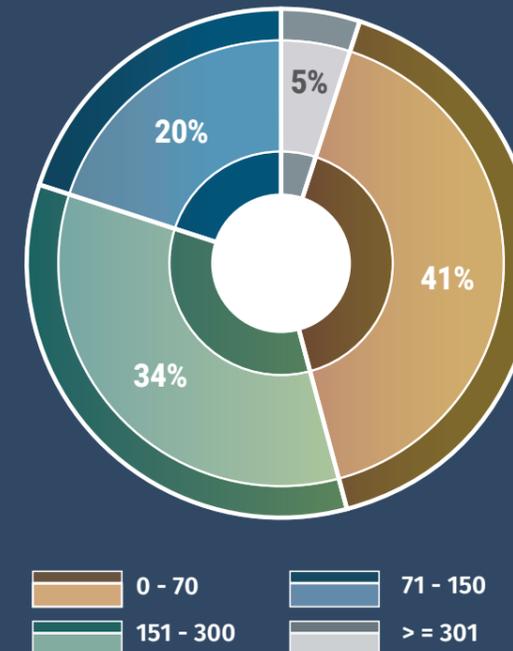
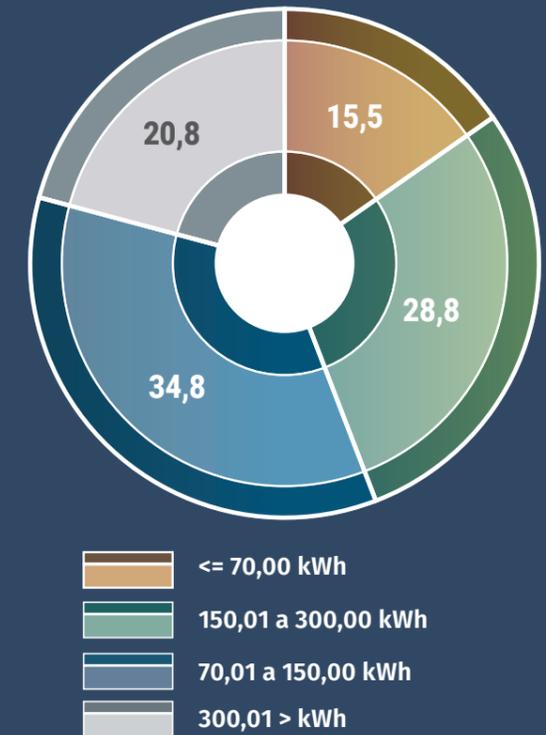


Gráfico 5.8 Porcentaje de consumo por tramo de consumo Cochabamba



Cuadro 5.5 Distribución del consumo por tipo de artefacto y tramo de consumo, Cochabamba

Tipo de Artefacto	Total	Consumo por tramo de consumo [kWh]				% consumo por tramo de consumo				% Artefacto
		<= 70.00 kWh	70.01 a 150.00 kWh	150.01 a 300.00 kWh	300.01 > kWh	<= 70.00 kWh	70.01 a 150.00 kWh	150.01 a 300.00 kWh	300.01 > kWh	
Cocción de alimentos	947,286	15,040	177,347	429,106	325,794	1.6	18.7	45.3	34.4	100.0
Comunicación audiovisual	5,452,596	1,186,672	1,674,695	1,729,518	861,711	21.8	30.7	31.7	15.8	100.0
Conservación de alimentos	6,805,887	1,838,124	2,292,388	1,906,377	768,998	27.0	33.7	28.0	11.3	100.0
Calentamiento de agua	9,531,653	613,805	2,787,270	3,998,258	2,132,320	6.4	29.2	41.9	22.4	100.0
Climatización de ambientes	121,781	8,597	22,919	28,385	61,881	7.1	18.8	23.3	50.8	100.0
Electrodomésticos para la ropa	714,061	94,609	207,094	279,993	132,365	13.2	29.0	39.2	18.5	100.0
Equipos de computación	554,696	98,405	162,895	194,382	99,013	17.7	29.4	35.0	17.9	100.0
Artefactos adicionales para el uso del hogar	2,004,027	30,758	212,422	546,211	1,214,636	1.5	10.6	27.3	60.6	100.0
Iluminación	2,442,429	554,827	701,592	838,928	347,082	22.7	28.7	34.3	14.2	100.0
Sin equipamiento	0									0.0
Total	28,574,417	4,440,837	8,238,622	9,951,157	5,943,801	15.5	28.8	34.8	20.8	100.0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

En el caso de Cochabamba, el artefacto más común entre los adicionales para uso del hogar, son las bombas de agua. De las 64,589 bombas estimadas en las 4 ciudades, 61,259 se encuentran instaladas en esta ciudad, como muestra el cuadro 5.6.

Cuadro 5.6 Numero de bombas de agua en la ciudad de Cochabamba

Artefactos Adicionales	Total	<= 70.00 kWh	70.01 a 150 kWh	150.01 a 300 kWh	300.01 > kWh
BOMBA DE AGUA	61,259	11,532	19,295	18,609	11,823

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

A manera de comparación, el cuadro 5.7 muestra la relación del consumo entre los 2 tramos de mayor consumo (150 a 300 kWh/mes y >300 kWh/mes) respecto a los 2 tramos de menor consumo (< 70 y 70 a 150 kWh/mes), para cada tipo de equipamiento.

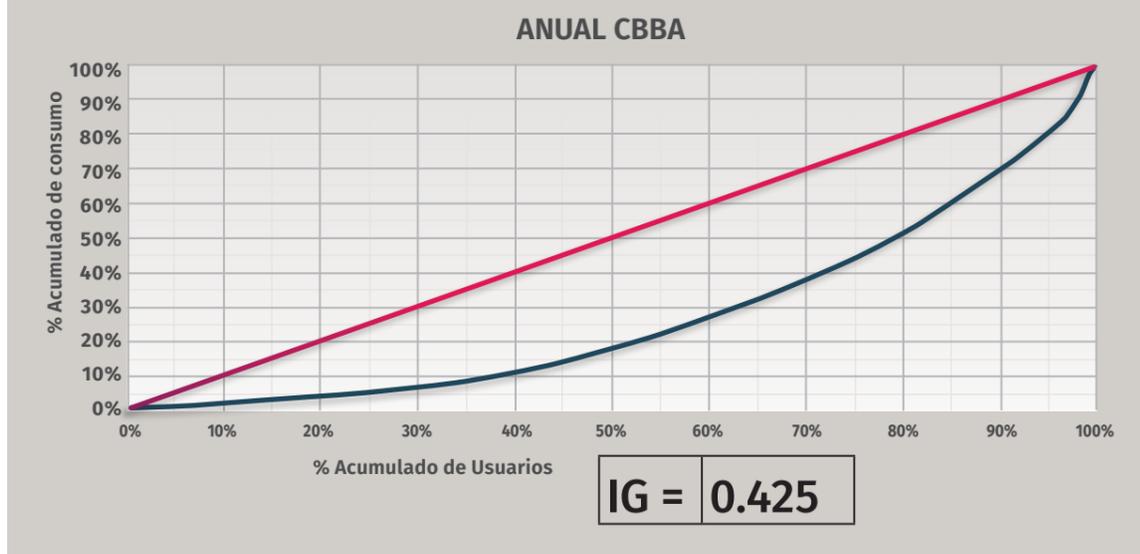
Cuadro 5.7 Relación del consumo entre tramos de menor y mayor consumo

Tipo de Artefacto	A		B/A
	<= 70.00 a 150 kWh	151 a >300 kWh	
Cocción de alimentos		754,899	3.9
Comunicación audiovisual	2,861,367	2,591,228	0.9
Conservación de alimentos	4,130,512	2,675,375	0.6
Calentamiento de agua	3,401,075	6,130,578	1.8
Climatización de ambientes	31,515	90,266	2.9
Electrodomésticos para la ropa	301,703	412,358	1.4
Equipos de computación	261,301	293,396	1.1
Artefactos adicionales para el uso del hogar	243,180	1,760,847	7.2
Iluminación	1,256,419	1,186,010	0.9
Sin equipamiento			
Total	12,679,459	15,894,957	1.3

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

La curva de Lorentz y el índice de Gini para la ciudad de Cochabamba reflejan el nivel de inequidad en el consumo de energía eléctrica. Como se observa en el gráfico 5.8, aproximadamente el 40% de las familias consumen alrededor del 12% de la energía, en tanto que, en el otro extremo, el 20% de los usuarios consume el 50% de la energía. El índice de Gini (0.42) es similar al de la ciudad de Santa Cruz y refleja igualmente el carácter regresivo del consumo de electricidad.

Gráfico 5.8: Curva de Lorentz e índice de Gini, Cochabamba



EL ALTO

En la ciudad de El Alto el 84% de los hogares pertenecen a los tramos de consumo más bajos y consumen el 57% de la energía del sector doméstico. Específicamente, los usuarios que pertenecen a la Tarifa dignidad son más del 56%, situación bastante distinta a lo que ocurre en ciudades como Santa Cruz y La Paz, donde el 20% y 34% de los usuarios, respectivamente, pertenecen esta categoría. Esto muestra el nivel de pobreza de esta ciudad.

Solo el 16% de los hogares está en los rangos altos de consumo y consumen el 43% de la energía eléctrica del sector doméstico de la ciudad de El Alto (ver gráficos 5.9 y 5.10)

Los consumos más elevados corresponden a artefactos destinados al calentamiento de agua, comunicación audiovisual, conservación de alimentos e iluminación, entre todos ellos son responsables del 93% del consumo. Como en las otras ciudades existen diferencias entre los distintos tramos de consumo, pero con características distintas.

Tomando el consumo total para cada tramo, el consumo de energía eléctrica destinado a artefactos audiovisuales es mayor en el segmento de menor consumo (<70 kWh/mes) frente al que destinan los hogares de mayor consumo (> a 300 kWh/mes): 35% y 12.4%, respectivamente; lo propio ocurre en el caso de conservación de alimentos, 16.7% frente a 10.5%; inclusive en el consumo para cocción de alimentos, aunque el consumo es pequeño en ambos casos, son los hogares del tramo de menor consumo los que destinan más energía, 0.15 frente a 0.1%, respectivamente. En este último caso, es posible que los hogares más pobres no tengan acceso a GN y utilizan, ocasionalmente, algún tipo de artefacto eléctrico para la cocción de alimentos. Sin embargo, en el caso de calentamiento de agua, el tramo de menor consumo dedica el 27.5% frente a 39.6%, en el caso del tramo de mayor consumo; lo propio pasa en el caso de iluminación, 18% frente a 29%. (Ver Cuadro 5.8).

Gráfico 5.9 Porcentaje de usuarios por tramo de consumo, El Alto

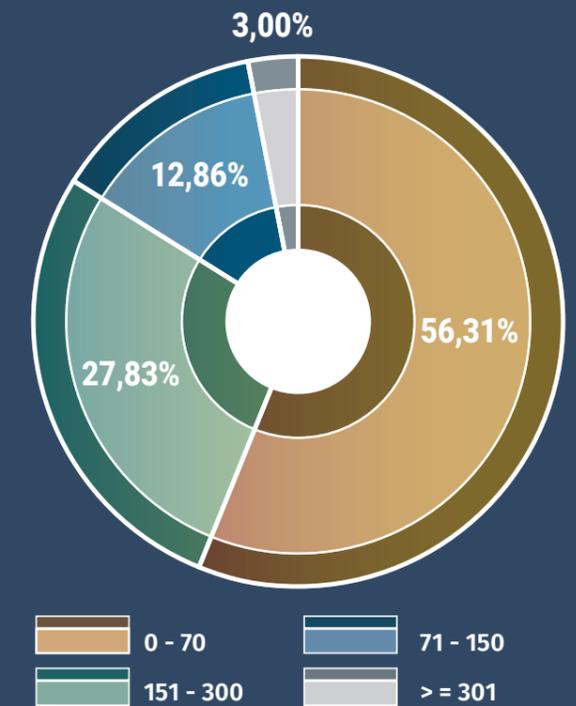
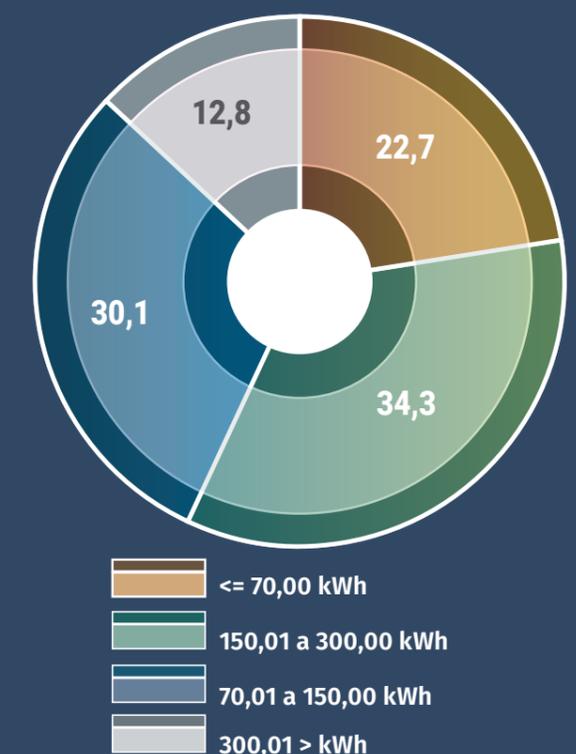


Gráfico 5.10 Porcentaje de consumo por tramo de consumo, El Alto



Cuadro 5.8 Distribución del consumo por tipo de artefacto y tramo de consumo, El Alto

Tipo de Artefacto	Total	Consumo por tramo de consumo [kWh]				% consumo por tramo de consumo				
		<= 70.00 kWh	70.01 a 150.00 kWh	150.01 a 300.00 kWh	300.01 > kWh	<= 70.00 kWh	70.01 a 150.00 kWh	150.01 a 300.00 kWh	300.01 > kWh	% Artefacto
Cocción de alimentos	488,101	7,331	64,686	413,945	2,139	1.5	13.3	84.8	0.4	100.0
Comunicación audiovisual	5,472,920	1,740,350	2,238,964	1,146,707	346,898	31.8	40.9	21.0	6.3	100.0
Conservación de alimentos	3,958,771	827,807	1,583,727	1,253,177	294,060	20.9	40.0	31.7	7.4	100.0
Calentamiento de agua	7,479,096	1,362,708	2,365,044	2,645,051	1,106,292	18.2	31.6	35.4	14.8	100.0
Climatización de ambientes	267,484	2,274	31,163	72,606	161,441	0.9	11.7	27.1	60.4	100.0
Electrodomésticos para la ropa	348,282	44,339	112,959	165,756	25,228	12.7	32.4	47.6	7.2	100.0
Equipos de computación	463,907	89,352	99,430	232,301	42,824	19.3	21.4	50.1	9.2	100.0
Artefactos adicionales para el uso del hogar	8,446	965		7,481		11.4	0.0	88.6	0.0	100.0
Iluminación	3,334,661	887,658	995,380	639,337	812,286	26.6	29.8	19.2	24.4	100.0
Sin equipamiento	0	0								0.0
Total	21,821,668	4,962,786	7,491,354	6,576,359	2,791,169	22.7	34.3	30.1	12.8	100.0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

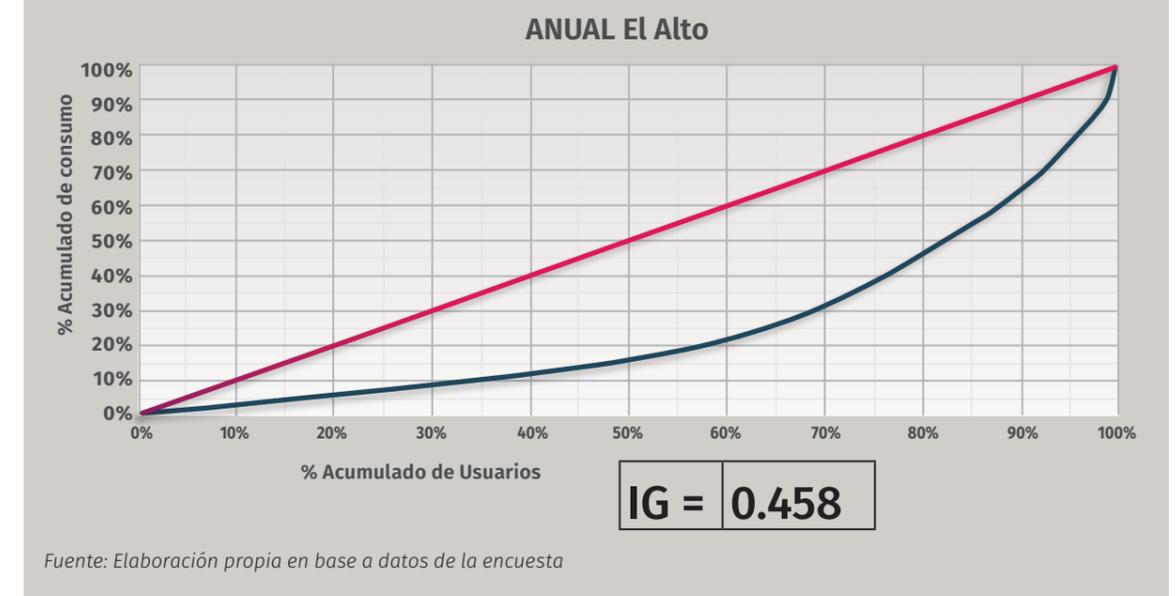
A manera de comparación, el cuadro 5.9 muestra la relación del consumo entre los 2 tramos de mayor consumo (150 a 300 kWh/mes y >300 kWh/mes) respecto a los 2 tramos de menor consumo (< 70 y 70 a 150 kWh/mes), para cada tipo de equipamiento. Llama la atención la diferencia en la relación del consumo cuando se trata de artefactos destinados a la climatización de ambientes.

Cuadro 5.9 Relación del consumo entre el tramo de menor y mayor consumo

Tipo de Artefacto	A	B	B/A
	<= 70.00 a 150 kWh	151 a >300 kWh	
Cocción de alimentos	7,331	2,139	0.3
Comunicación audiovisual	1,740,350	346,898	0.2
Conservación de alimentos	827,807	294,060	0.4
Calentamiento de agua	1,362,708	1,106,292	0.8
Climatización de ambientes	2,274	161,441	71.0
Electrodomésticos para la ropa	44,339	25,228	0.6
Equipos de computación	89,352	42,824	0.5
Artefactos adicionales para el uso del hogar	965	0	0.0
Iluminación	887,658	812,286	0.9
Total	4,962,786	2,791,169	0.6

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

La curva de Lorentz y el índice de Gini (0.458) para la ciudad de El Alto reflejan el nivel de inequidad en el consumo de energía eléctrica, de hecho, junto a la ciudad de La Paz, tiene el mayor índice, frente a Cochabamba y Santa Cruz. Como se observa en el gráfico 5.11, aproximadamente el 57% de las familias consumen alrededor del 20% de la energía; en el otro extremo, el 12% de los usuarios consume el 40% de la energía.

Gráfico 5.11 Curva de Lorentz e índice de Gini, El Alto

6

Caracterización
de la potencia
demandada



6

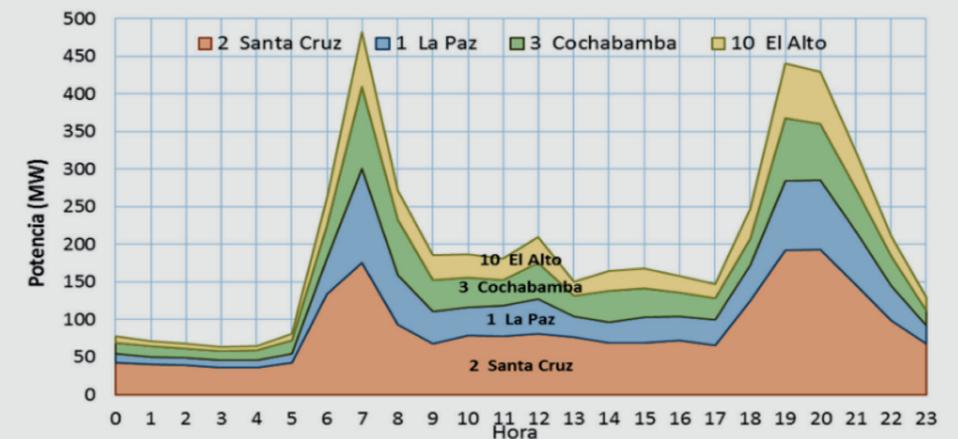
Caracterización de la potencia demandada

En este acápite se analiza las características de la potencia demandada a lo largo de un día, en función del tramo de consumo (< a 70 kWh/mes, entre 71 a 150 kWh/mes, 151 a 300 kWh/mes y > a 300 kWh/mes) y de cada uno de los usos finales, es decir, para cada uno de los grupos de artefactos eléctricos que forman parte del equipamiento de los hogares. Este análisis, que se detalla también por cada una de las ciudades estudiadas, permite percibir de qué manera contribuyen cada uno de estos grupos de artefactos en la conformación de la curva característica de la demanda de potencia.

El gráfico 6.1 nos permite tener un panorama general de la contribución del sector residencial de cada una de las ciudades en la conformación de curva de demanda de potencia. Se observa, por ejemplo, que las 4 ciudades siguen un mismo patrón de consumo, generando fuertes demandas en las primeras horas de la mañana y a partir de las 18:00 horas. La máxima demanda se registra a las 07:00 con 482 MW. Este patrón, como veremos más adelante, tiene variaciones significativas dependiendo de los artefactos de uso final y del tramo de consumo. El Factor de Carga calculado desde la demanda es de 0.40.

También es posible ver la fuerte incidencia que tiene la ciudad de Santa Cruz en la demanda y, en el otro extremo, la ciudad de El Alto, que reflejan también el orden de magnitud del consumo en cada una de las ciudades.

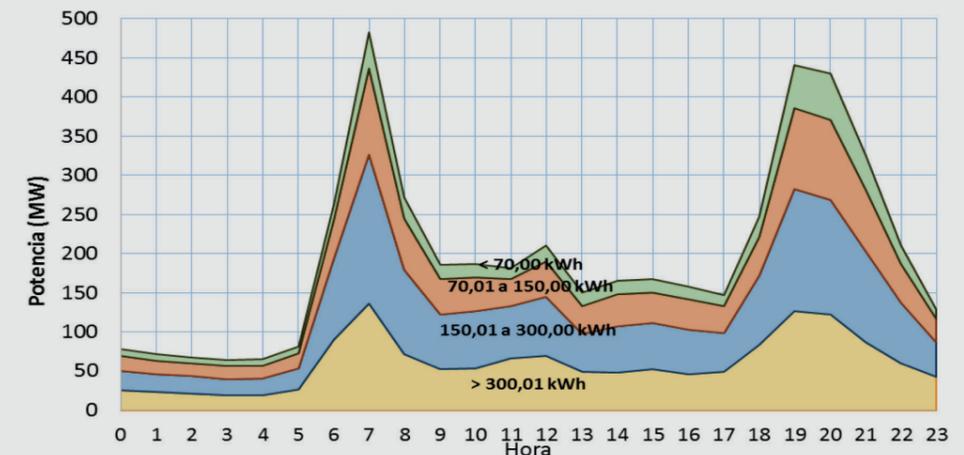
Gráfico 6.1: Curva de carga total de las 4 ciudades estudiadas



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

Por su parte, si analizamos el comportamiento de la curva de demanda por tramo de consumo veremos que los tramos de 150 a 300 kWh/mes y > 300 kWh/mes son los que tienen mayor incidencia en la conformación de la curva de demanda, con aproximadamente el 66% de la demanda registrada a las 07:00 horas.

Gráfico 6.2: Curva de carga total por tramo de consumo para las 4 ciudades

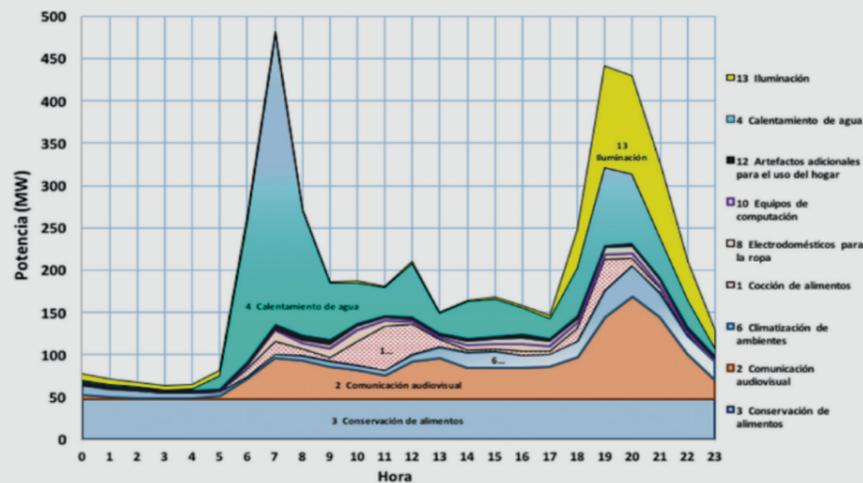


Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

En términos de la contribución por grupo de artefactos de uso final, podemos observar que aquellos destinados al calentamiento de agua son los responsables de la máxima demanda registrada a las 07:00, aun cuando, como se puede observar, la demanda de potencia debido a estos artefactos también contribuye a la formación del otro pico a partir de las 18:00 horas. Como se ha visto en los resultados que arroja la encuesta de hogares, los calentadores de paso (duchas) son los responsables principales de este comportamiento.

En la formación de la máxima demanda nocturna, a partir de las 18:00 horas, también contribuyen fuertemente las luminarias y los artefactos de comunicación audiovisual. Los artefactos destinados a la conservación de alimentos, en su gran mayoría refrigeradores, constituyen una base constante en la demanda, debido a las características de su funcionamiento.

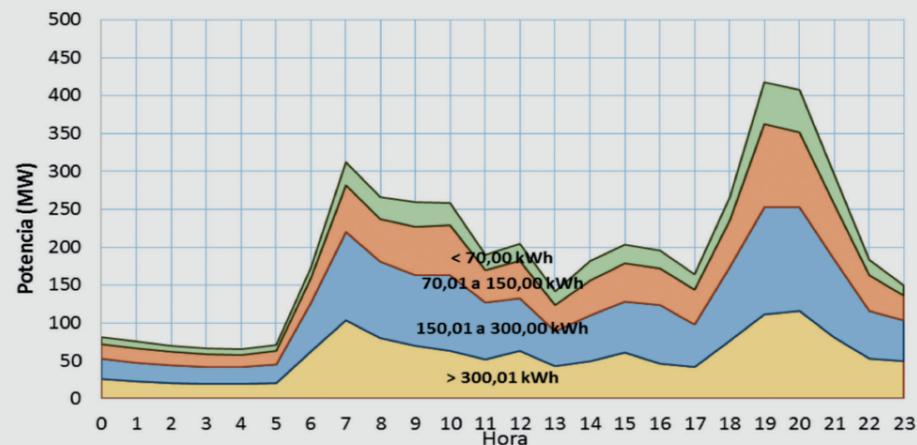
Gráfico 6.3: Curva de carga total por artefacto de uso final para las 4 ciudades estudiadas



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

Debe señalarse, como se ve en cada uno de los gráficos presentados, que el comportamiento de la demanda corresponde al consumo de los hogares de lunes a viernes. Como se puede apreciar en el gráfico 6.4, este comportamiento varía significativamente los fines de semana, en los que la máxima demanda ocurre a partir de la 18:00 y la demanda en las primeras horas del día es mucho menor. Esto se explica porque la población, en su gran mayoría, desplaza sus horarios de ducha, principalmente.

Gráfico 6.4: Curva de carga total por tramo de consumo para las 4 ciudades estudiadas, fin de semana



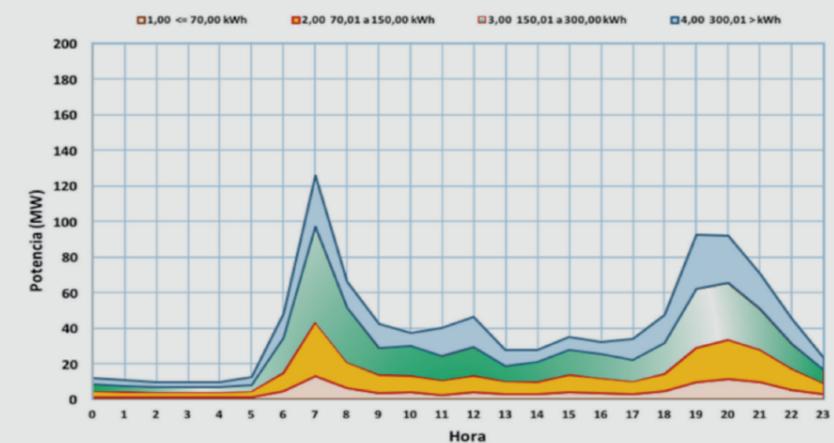
Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

LA PAZ

A continuación, se presenta las características de la curva de demanda para la ciudad de La Paz, también en función del tramo de consumo y de la incidencia de los artefactos de uso final.

La máxima demanda ocurre a las 07:00 horas con una potencia de 126 MW y un Factor de Carga de 0.33, menor al que se observa en la curva de demanda de las 4 ciudades en su conjunto. La mayor incidencia corresponde a los tramos de 70 a 150 kWh/mes y 150 a 300 kWh/mes, con aproximadamente el 67% de la máxima demanda. La incidencia en la máxima demanda del tramo < a 70 kWh/mes es muy pequeña, aproximadamente el 10% (Ver gráfico 6.5)

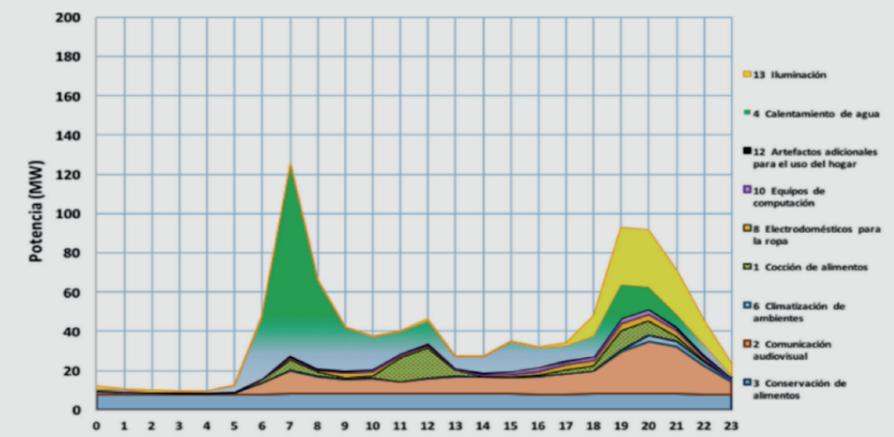
Gráfico 6.5: Curva de carga por tramo de consumo para la ciudad de La Paz



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

En términos de los usos finales, podemos observar en el gráfico 6.6 que los artefactos destinados al calentamiento de agua son los principales responsables de la máxima demanda a las 07:00 horas, con aproximadamente el 78%. La iluminación, los equipos audiovisuales, junto al calentamiento de agua y la cocción de alimentos, son responsables del 80% de la máxima demanda nocturna. Los artefactos destinados a la conservación de alimentos representan la base de la curva con menos del 8%, aproximadamente.

Gráfico 6.6: Curva de carga por artefacto de uso final para la ciudad La Paz

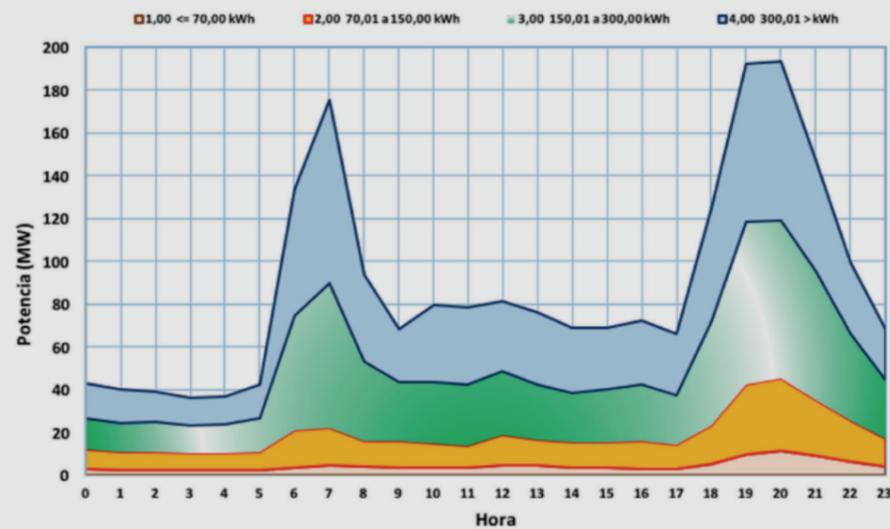


Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

SANTA CRUZ

La ciudad de Santa Cruz presenta características distintas en la conformación de la curva de carga, como se puede ver en la Gráfico 6.7. La máxima demanda de potencia alcanza los 193 MW, la mayor entre las 4 ciudades, y ocurre entre las 19:00 y 20:00 horas, no así en las primeras horas de la mañana. Los tramos de mayor consumo (150 a 300 kWh/mes y > a 300 kWh/mes) son, con mucho, los principales contribuyentes a esta máxima demanda. En el otro extremo está el grupo de usuarios con consumos mensuales menores a 70 kWh/mes, cuya contribución resulta muy pequeña, cercana al 5% de la máxima demanda. Por otra parte, el Factor de Carga es de 0.45, superior al que se observó para el conjunto de las 4 ciudades, hecho que da cuenta de una mayor incidencia de los consumos de base.

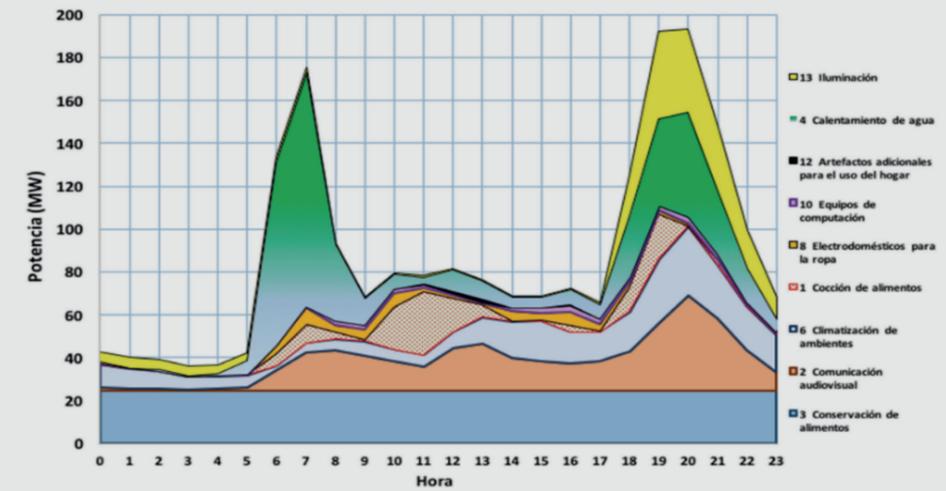
Gráfico 6.7: Curva de carga por tramo de consumo para la ciudad de Santa Cruz



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

El análisis por artefactos de uso final (gráfico 6.8) nos permite apreciar los usos finales que contribuyen a las características de la curva de demanda de esta ciudad. Además del calentamiento de agua, la iluminación y los equipos audiovisuales, que siguen patrones similares a los observados en la curva de carga total, se observa la gran incidencia de los artefactos destinados a la conservación de alimentos, con aproximadamente el 12%, y a la climatización de ambientes (equipos de aire acondicionado) con alrededor del 8%. Por otra parte, se verifica que el calentamiento de agua es el principal responsable del pico que se observa en las primeras horas de la mañana (07:00). En términos de aporte al consumo diario de electricidad, debe observarse la importancia que en esta ciudad adquieren los artefactos destinados a la cocción de alimentos y, principalmente, aquellos utilizados para la climatización de ambientes.

Gráfico 6.8: Curva de carga por artefacto de uso final para la ciudad de Santa Cruz

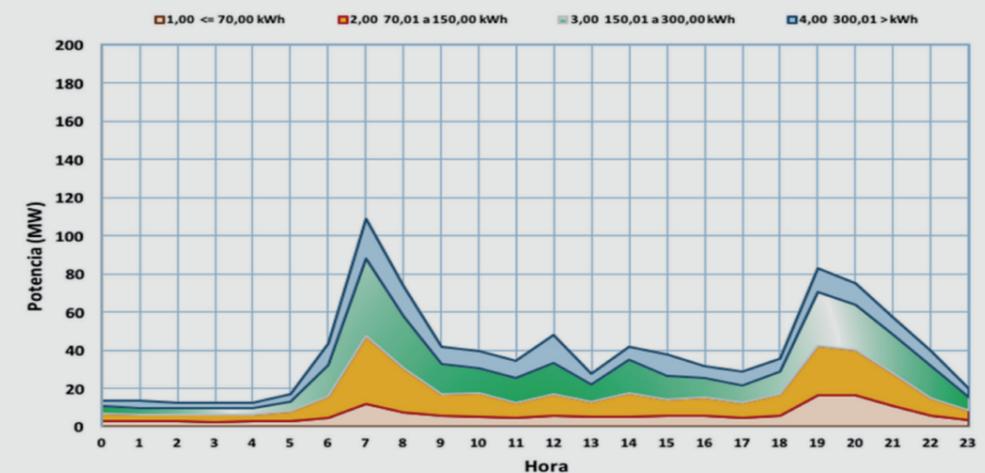


Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

COCHABAMBA

En el caso de esta ciudad, la máxima demanda alcanza a 109 MW y ocurre a las 07:00 horas, con un patrón similar a lo observado en la curva total para las 4 ciudades: máxima demanda a primeras horas de la mañana y la formación de otro pico de demanda a partir de las 18:00 horas. El Factor de Carga en esta ciudad es de 0.36, menor al observado como promedio en el conjunto de las 4 ciudades.

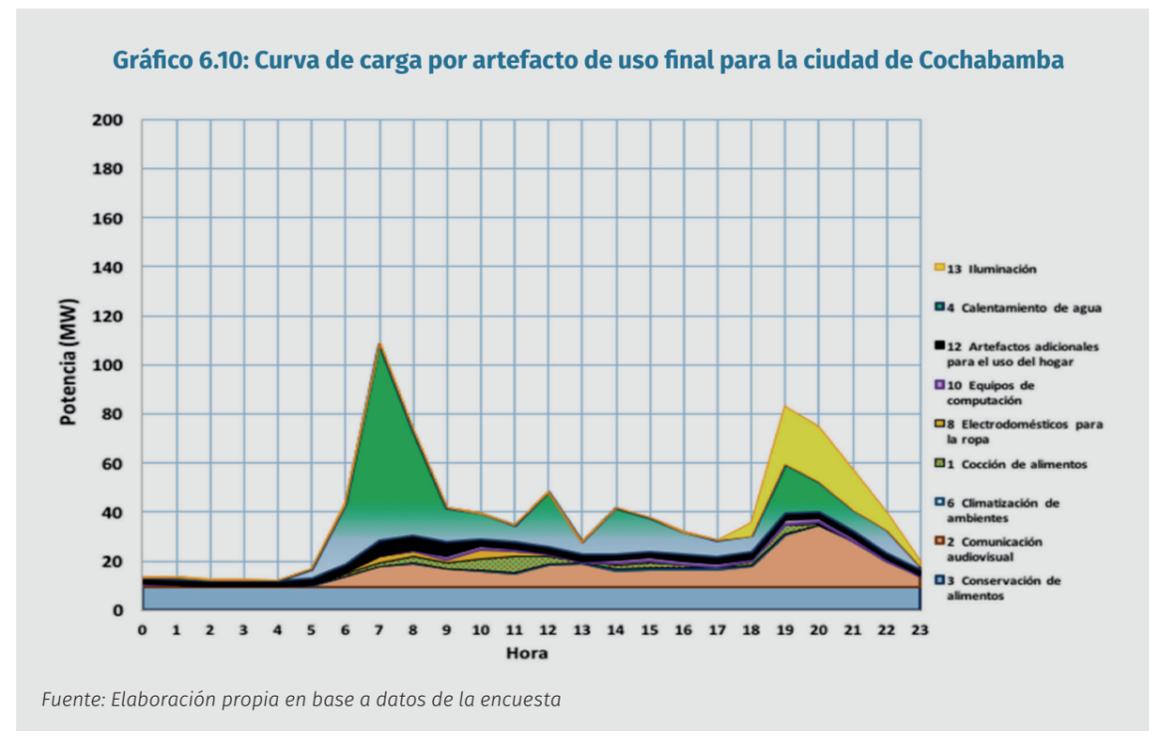
Gráfico 6.9: Curva de carga por tramo de consumo para la ciudad de Cochabamba



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la encuesta

Los tramos de consumo intermedio (71 a 150 kWh/mes y 151 a 300 kWh/mes) son los responsables de la máxima demanda, con aproximadamente el 73%, y del mayor consumo a lo largo del día. La incidencia en la máxima demanda de los usuarios cuyo consumo mensual es menor a 70 kWh/mes es muy pequeño, alrededor del 10%, pero su incidencia se incrementa en el pico que se registra a partir de las 18:00 horas, debido a la importancia de la iluminación y la comunicación audiovisual en su consumo.

En términos de la incidencia por artefactos de uso final, la gráfico 6.10 nos permite observar, nuevamente, la gran incidencia del calentamiento de agua en la formación de la máxima demanda, con aproximadamente el 68%. La iluminación y los equipos audiovisuales, junto con el calentamiento de agua, son los responsables de la formación del pico a partir de la 18:00 horas.

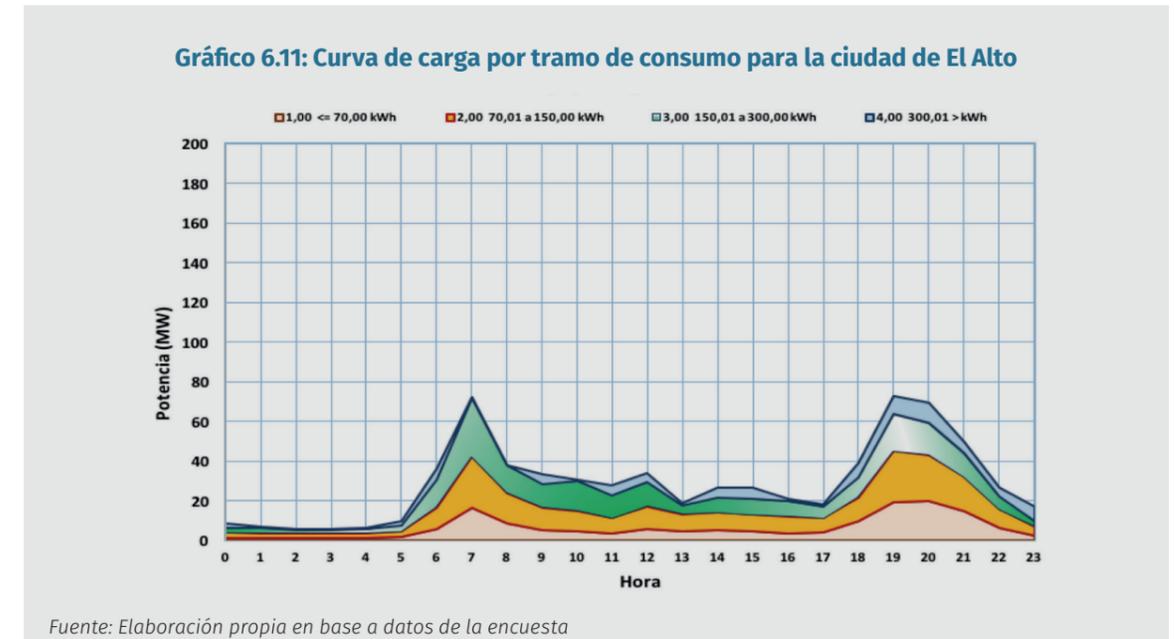


Por otra parte, debe destacarse, tanto por su participación en la máxima demanda de la mañana como por su aporte al consumo diario, el grupo de artefactos adicionales para el uso del hogar. Se trata, de manera predominante, del uso de bombas de agua con las que cuenta una parte importante de la población.

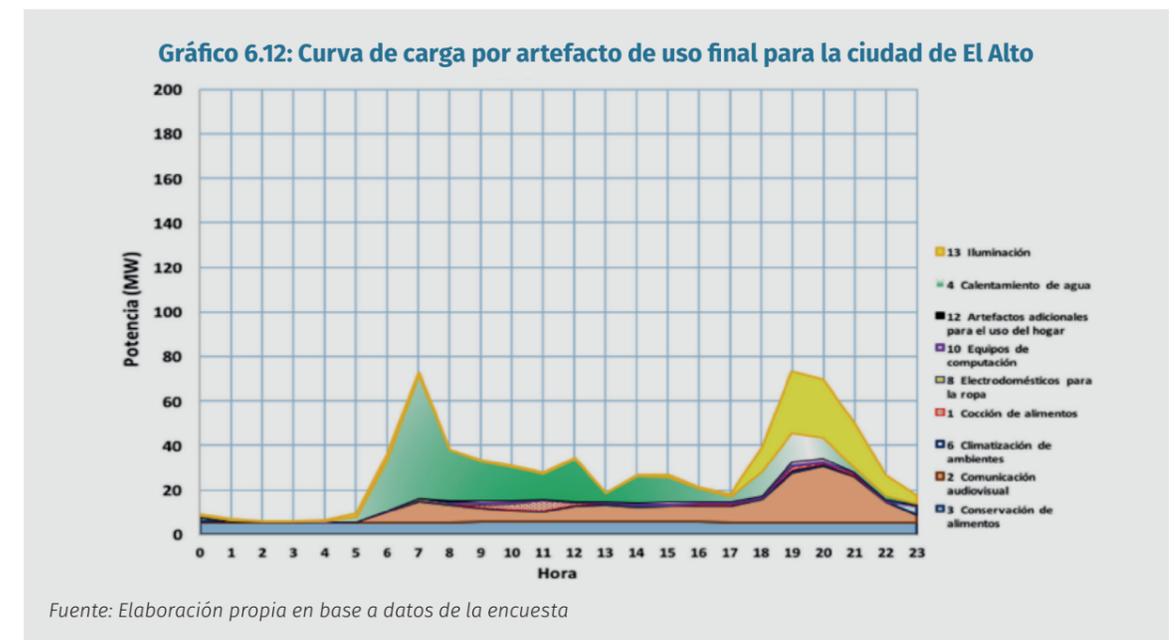
EL ALTO

Esta ciudad registra una máxima demanda de 73 MW, la menor entre las 4 ciudades estudiadas, y la misma se verifica a las 07:00 horas. Los tramos de consumo intermedio (71 a 150 kWh/mes y de 151 a 300 kWh/mes) son los que inciden mayormente a esta máxima demanda (Ver Gráfico 6.11). La curva de carga permite calcular un Factor de Carga de 0.39.

A diferencia de las otras ciudades, se destacan dos hechos: por una parte, la importancia que juega, en su aporte a la máxima demanda y el mismo consumo, el segmento de usuarios cuyo consumo mensual es menor a 70 kWh/mes y; por otra, la escasa participación del segmento de grandes usuarios (> 300 kWh/mes)



El análisis desde los usos finales de la electricidad (gráfico 6.12) muestra tres hallazgos relevantes: i) la máxima demanda a las 07:00 está influida, claramente, por el calentamiento de agua con electricidad; ii) el uso de electricidad para la cocción de alimentos es casi inexistente y; iii) la comunicación audiovisual y la iluminación constituyen los principales usos en el horario nocturno y el principal aporte a la máxima demanda a las 19:00.



Se ha mencionado, como hecho relevante, el pequeño consumo de electricidad en la cocción de alimentos como posible expresión del grado de introducción de gas natural para los usos térmicos en esta ciudad: masivo en la cocción de alimentos y mucho menos relevante para el calentamiento de agua.



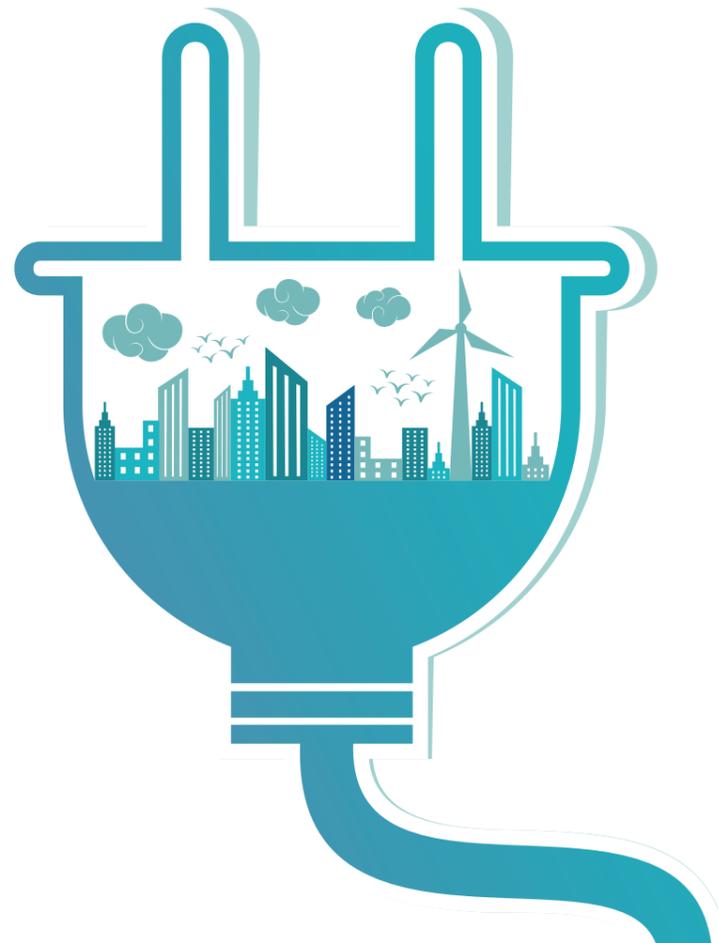
7

EL CONSUMO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA
EN LOS ÚLTIMOS 5
AÑOS



EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS

A partir de la información histórica proporcionada por la Autoridad de Electricidad, se presenta la evolución del número de usuarios y del consumo de energía eléctrica, para el periodo 2014 a 2018. Esta información está desagregada por tramo de consumo, y corresponde a las ciudades de La Paz, El Alto y Cochabamba. La información del consumo eléctrico histórico para la ciudad de Santa Cruz no discrimina la información por municipios, este hecho ha impedido analizar el comportamiento histórico para el municipio de Santa Cruz.



Cuadro 7.1 Evolución del consumo y del N° de usuarios por tramo para 3 ciudades

Año	0 - 70 [kWh/mes]		71 - 150 [kWh/mes]		151 - 300 [kWh/mes]		> = 301 [kWh/mes]		Total [kWh/mes]	
	Usuarios	Consumo	Usuarios	Consumo	Usuarios	Consumo	Usuarios	Consumo	Usuarios	Consumo
2014										
2015	3.90%	2.70%	4.94%	5.64%	4.01%	5.34%	3.02%	2.18%	4.18%	4.20%
2016	5.77%	4.39%	5.86%	5.18%	0.34%	2.87%	-12.08%	-4.88%	3.68%	1.42%
2017	2.25%	5.06%	4.00%	4.55%	6.19%	0.80%	6.01%	-4.56%	3.70%	0.86%
2018	3.12%	2.69%	4.27%	4.12%	2.69%	3.45%	-2.60%	-0.72%	3.09%	2.49%
Promedio	3.76%	3.71%	4.77%	4.87%	3.31%	3.11%	-1.41%	-1.99%	3.66%	2.24%

Fuente: AETN

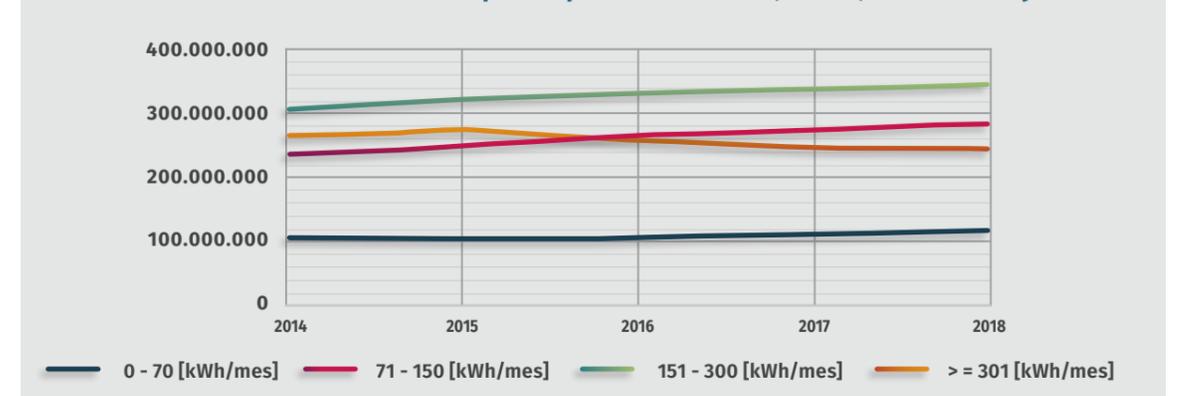
Para el periodo 2014 a 2018, para el conjunto de los usuarios de las tres ciudades, el número de usuarios ha crecido de manera consistente, en promedio, 3.7%. En el caso de consumo, el crecimiento es de solo 2.2%, como promedio del periodo (ver cuadro 7.1). En ambos casos, usuarios y consumo, el crecimiento es menor que el que se reportaba hace 10 años, donde el crecimiento anual era del 7% en el consumo.

Por tramo, en promedio, se observa: i) el crecimiento del número de usuarios de los tramos < a 70 kWh/mes y 150 a 300 kWh/mes es mayor que el crecimiento de sus respectivos consumos, es decir, han ido consumiendo menos a lo largo del periodo; ii) en el tramo 70 a 150 kWh/mes, ocurre lo contrario, consumen más; y iii) en el tramo > a 300 kWh/mes, tanto el consumo como el número de usuarios han disminuido, en mayor medida el consumo.

Las tasas de mayor crecimiento, tanto en número de usuarios como en consumo, se verifican en el tramo de 71 a 150 kWh/mes, lo cual puede interpretarse como un incremento del consumo de los usuarios del tramo anterior, dejando de pertenecer al tramo de la Tarifa Dignidad, además de los nuevos usuarios que entran directamente a este tramo.

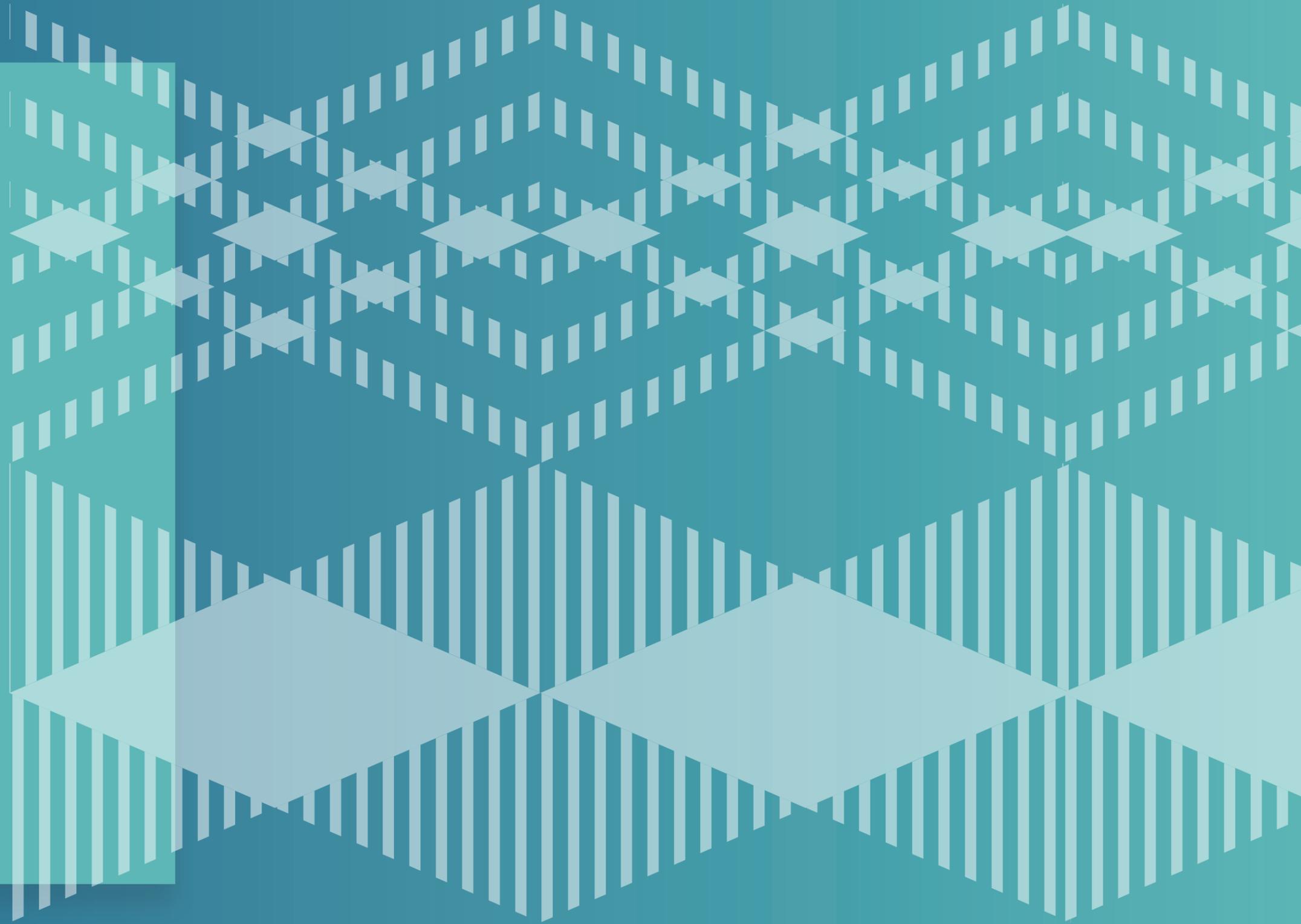
Por su parte, la reducción del consumo en los tramos de mayor consumo puede estar asociado a la introducción de artefactos eléctricos de mayor eficiencia, especialmente luminarias y televisores, que, además, están entre los de mayor incidencia en el consumo de los hogares. Esto es plausible en la medida en que los hogares que pertenecen a estos tramos de consumo son también los que tienen mayores posibilidades de acceder a equipos más eficientes.

Gráfico 7.1 Crecimiento del consumo para el periodo 2014-2018, La Paz, Cochabamba y El Alto



8

CONCLUSIONES



8

CONCLUSIONES

A continuación, se presentan un conjunto de conclusiones que tienen un carácter más global, mismas que servirán para proponer recomendaciones generales destinadas a orientar las políticas y estrategias de eficiencia energética de las entidades del gobierno nacional encargadas de esta tarea.

1. Un primer aspecto que se aprecia a partir de la información obtenida, tanto del catastro de consumidores, como de la encuesta llevada a cabo en los hogares, tiene que ver con las fuertes asimetrías que se verifican en el consumo de energía eléctrica entre los hogares que pertenecen a los tramos de consumo más bajos, frente a los de mayor consumo, que, sin duda, reflejan las condiciones socioeconómicas de los hogares. Este hecho tiene varias implicaciones, entre ellas, las perspectivas del consumo de energía eléctrica en el país en el futuro inmediato (5 a 7 años), los niveles de eficiencia en el consumo final y los efectos sobre el medio ambiente y los recursos naturales.

Como se desprende del análisis de los resultados obtenidos, el tramo de consumo más bajo, Tarifa Dignidad, aglutina al 37% de los hogares en las 4 ciudades estudiadas, en el caso específico de Cochabamba y El Alto, al 40% y 56% de los hogares, y son los que menos equipamiento tienen y, en consecuencia, los que menos consumen (11%). En los estratos de consumo intermedio (entre 71 a 150 kWh/mes y 151 a 300 kWh/mes), también crece el número de usuarios y el consumo, inclusive en mayor proporción. Reducir los niveles de inequidad del consumo actual implica un incremento substancial en la oferta de energía eléctrica y la formulación de políticas destinadas a ese fin.

Aun sin políticas específicas para cerrar la brecha, si en los próximos años se mantienen los niveles de crecimiento económico del país y aumentan los ingresos familiares, estos hogares demandarán mayor cantidad de artefactos eléctricos y presionarán sobre la demanda de energía eléctrica.

Más allá de las inversiones necesarias, que el Estado y/o el sector privado deberán realizar para atender el crecimiento de la demanda eléctrica, el tema que debe preocupar es el relativo a los niveles de eficiencia del consumo final por parte de los usuarios, lo que implica, a su vez, el uso racional de nuestros recursos naturales: Sustitución de energéticos, aprovechamiento de fuentes alternativas de energía, por ejemplo; pero también, la adecuación tecnológica de nuestras construcciones: aislamiento, materiales, orientaciones, etc.; finalmente, implica también, niveles de información y sensibilización a los usuarios finales, y control del mercado de artefactos eléctricos.

2. Los hogares que pertenecen a los estratos más bajos en consumo tienen niveles de equipamiento básicos para su bienestar, fundamentalmente artefactos para la comunicación audiovisual, iluminación y conservación de alimentos, y dedican mucha menor energía a estos equipos que los tramos de alto consumo. En casos específicos como son los artefactos para cocción de alimentos y climatización de ambientes, las brechas de consumo son muy grandes, lo cual significa que los hogares de mayores ingresos consumen energía eléctrica en equipos que podrían utilizarse con combustibles como GN o GLP (cocinas y hornos, principalmente), mientras que los de menores ingresos están sacrificando sus niveles de confort.
3. El tramo de consumo > a 300 kWh/mes registra crecimiento negativo, tanto en usuarios (-1.4%) como en consumo (-2%), a lo largo del periodo histórico analizado (2014-2018). Esta situación es más acentuada en el caso de ciudades como La Paz y Cochabamba en las cuales el consumo muestra reducciones de -3.2% y -2.9%, respectivamente, como promedio para el periodo.

Este hecho puede estar asociado a 2 fenómenos concomitantes: la sustitución de electricidad por GN, debido a la extensión de

las redes de distribución, y a la penetración de artefactos con mayores niveles de eficiencia, como veremos más adelante. Esto último es plausible porque los hogares de mayor consumo son también los que tienen mayores posibilidades de acceder a equipos más modernos, además de estar mejor informados respecto a las ventajas del uso de equipamiento más eficiente. Sin embargo, debe anotarse que también ha disminuido el número de usuarios de este tramo, pero en menor proporción que el consumo.

4. El mercado de artefactos eléctricos para uso en los hogares se está orientando cada vez más hacia la oferta de equipos más eficientes, impulsado más por las exigencias de los países de origen que por regulaciones locales. Esto se puede verificar en algunos casos muy concretos y significativos:

- i. La oferta de luminarias LED ha crecido rápidamente comparando con lo que se tenía hace solo 5 años cuando el grueso de la oferta en el mercado local era de luminarias incandescentes y de focos fluorescentes compactos (FFC) fundamentalmente. La tecnología LED no tenía siquiera partida arancelaria para la importación y la oferta en el mercado era exigua y a precios elevados.

Los registros de importación de luminarias LED muestra que en 2017 se importaron alrededor de 2.1 millones, en tanto que en 2018 (hasta octubre) se importaron 4 millones de unidades. Por su parte, las LFC han pasado de 4.5 millones a 1.6 millones, y los incandescentes de 1.2 millones a 1.3 millones, en el mismo periodo.

Adicionalmente, los costos por kW instalado en luminarias LED han bajado aproximadamente a una cuarta parte de lo que costaban hace solo 4 años. La mayor accesibilidad a luminarias LED junto a las mejores prestaciones o

beneficios que recibe el usuario, están promoviendo la sustitución de estos artefactos en los hogares de manera más rápida que lo imaginado. Este proceso de sustitución impulsado por las condiciones del mercado continuará, lo que implica la desaparición paulatina de los focos incandescentes e incluso los fluorescentes compactos.

Sin embargo, la oferta de luminarias en general, y de LED y FFC en particular, no cuentan con los mecanismos de control del mercado, es decir, no se conoce a ciencia cierta la calidad de la oferta del mercado local.

- ii. Otro tanto ocurre con los equipos de comunicación audiovisual, específicamente con los televisores que son los de mayor uso en los hogares. El mercado ya no oferta TV de tubo, e incluso los equipos con pantalla de plasma y LCD están siendo desplazados rápidamente por pantallas LED. Por ejemplo, la importación de televisores LCD en 2014 alcanzó a 7,174 unidades, para 2018 se importaron 2,822 unidades; en el mismo periodo los televisores LED pasaron de 60,280 unidades a 105, 593 unidades.

En este punto debe recalarse que la potencia media de un televisor LED no es mucho menor que la de un televisor de tubo, sin embargo, si se relaciona la potencia con el tamaño de la pantalla, los televisores LED demandan mucha menos potencia. En los hechos, los usuarios finales están consumiendo similar cantidad de energía, pero reciben un mayor nivel de satisfacción tanto por el tamaño de la pantalla como por la calidad de la imagen.

En ese contexto, debe tomarse en cuenta que el usuario final no está persiguiendo necesariamente un mayor nivel de eficiencia en el uso de la energía, sino

un mayor nivel de satisfacción. Este elemento es muy importante a la hora de definir políticas y estrategias destinadas a la eficiencia energética.

- iii. Este tipo de novedades tecnológicas también se presenta en otros artefactos del hogar, como refrigeradores y equipos de frío. Los refrigeradores y equipos de aire acondicionado están siendo sustituidos por sistemas inverter. También están en lavadoras de ropa con sistemas más eficientes para el consumo de energía y agua.

Como vimos anteriormente, es plausible pensar que la oferta de este tipo de artefactos tenga mucho que ver con el crecimiento negativo del consumo en los hogares de los segmentos de mayor consumo.

- 5. El consumo de electricidad para el calentamiento de agua es el más alto entre el conjunto de artefactos con los que están equipados los hogares, representa el 28% del total consumido, como promedio para 4 ciudades, según los datos obtenidos en el estudio. En el caso de ciudades como La Paz, Cochabamba y El Alto, representan alrededor del 33% de sus respectivos consumos.

La mayoría de los hogares está equipada con calentadores de agua de paso, duchas eléctricas, el 97% de los artefactos para calentamiento de agua son de este tipo. En este tipo de artefactos se ha incrementado la oferta de duchas de mayor potencia: las clásicas de 2,500 W a 3,000 W están siendo sustituidas por duchas con potencias de alrededor de 7,000 W.

Más allá del nivel de eficiencia en el uso de este tipo de artefactos, el problema mayor está en su efecto sobre la máxima demanda de potencia coincidente en poco tiempo y, por tanto, en la capacidad instalada que deben tener los sistemas de distribución

eléctrica, especialmente en transformadores de potencia y cables. Por otra parte, el mismo estudio muestra que alrededor del 60% de los hogares indica tener conexión a GN domiciliario, lo cual resulta un contrasentido en términos de eficiencia energética y costos para obtener agua caliente.

- 6. En la ciudad de Santa Cruz, específicamente, el consumo de energía eléctrica en artefactos destinados a la climatización de ambientes (ventiladores y equipos de aire acondicionado) representa el 14.4% del consumo de los hogares de esa ciudad. Los equipos de aire acondicionado, que en número representan el 28% de los equipos, no obstante, consumen la mayor cantidad de energía destinada a la climatización de ambientes por la potencia térmica de los equipos (entre 5,000 y 15,000 BTU).

A pesar de la presencia de equipos cada vez más eficientes en el mercado, el principal problema de la climatización de ambientes radica en las características de la infraestructura donde se instalan estos equipos y en la gestión que realizan los usuarios finales respecto a la climatización propiamente.

En el primer caso, las características constructivas de las casas y edificios no siempre toman en cuenta la orientación y el aislamiento, que permitan reducir las ganancias/perdidas de calor con el ambiente exterior. La falta de aislamiento en la envolvente térmica de las construcciones, así como la exposición a la radiación solar de los artefactos y la misma envolvente, resultan contraproducentes en el consumo de energía.

Por otra parte, como ocurre con otro tipo de artefactos, la forma de gestionar estos equipos por parte de los usuarios finales tiene efectos negativos sobre el consumo de energía. Dejar encendidos los equipos de aire acondicionado en ambientes no ocupados,

fijar la temperatura objetivo por debajo de la temperatura de confort y la falta de mantenimiento de filtros e intercambiadores de calor, son los temas más recurrentes.

Aun cuando el consumo en calefacción de ambientes, especialmente en La Paz y El Alto, no resulta significativo, el problema de ganancias/perdidas de calor en los ambientes es similar en las construcciones de los hogares de estas ciudades. Los registros de importación de estufas eléctricas muestran un incremento muy importante en los últimos años, de 45,460 unidades importadas en 2014, se ha pasado a 179,689 unidades en 2018.

Debe tomarse en cuenta que más allá del consumo eléctrico, este es un problema que tiene que ver con el uso de cualquier otra fuente de energía en los hogares.

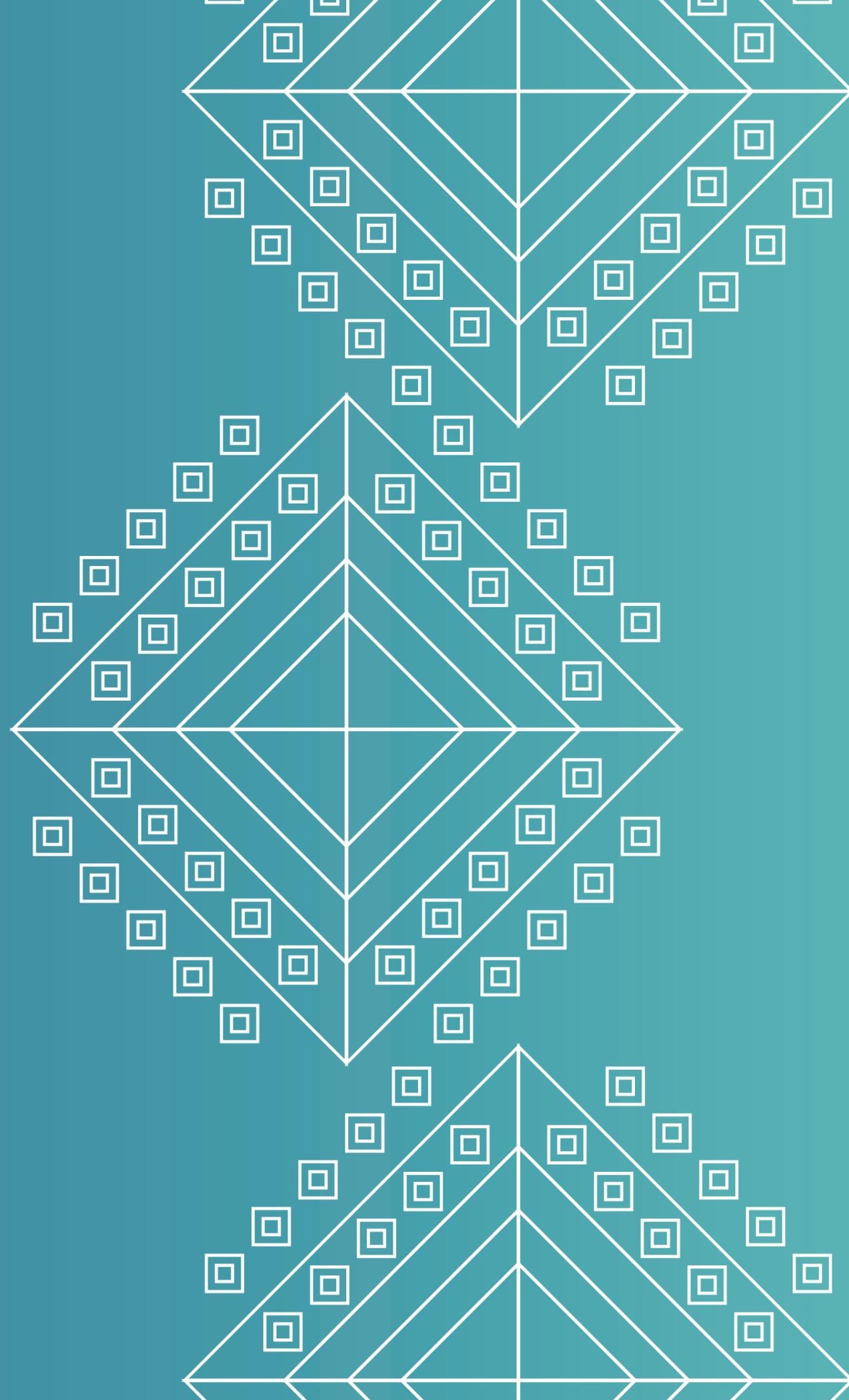
- 7. Finalmente, los datos específicos de consumo, expresados en kWh/mes, muestran que, de los 142 GWh registrados en los grupos de artefactos, incluidos en el estudio, según los diferentes segmentos definidos, la mayor concentración se encuentra entre los hogares que tienen un consumo de 150 a 300 kWh al mes.

El calentamiento de agua concentra 40 GWh del total de consumo y significa el 28% del consumo total. Luego se encuentran los artefactos de conservación de alimentos (refrigeradores, principalmente) con 34 GWh que corresponden al 24% del consumo total. Con 19% están los equipos de comunicación audiovisual que significan 27 GWh del consumo total al mes. Finalmente, con algo más de 15 GWh / mes está el consumo en iluminación, que corresponde a algo más de 10% del consumo total mensual.

Los datos anteriores nos dan una pauta de los artefactos sobre los cuales debe trabajarse para lograr un efecto considerable sobre la eficiencia energética en el país.

9

RECOMENDACIONES



RECOMENDACIONES

A partir de los temas más sobresalientes que presenta el estudio, y que han sido expuestos en las conclusiones, es posible aproximarse a algunas recomendaciones generales destinadas al diseño de políticas destinadas a mejorar el desempeño energético en los hogares bolivianos.

1. Es necesario enfocar la política en aquellos artefactos de uso final que tienen mayor incidencia en el consumo y que, por tanto, las acciones que se planifiquen y ejecuten puedan tener mayor efectividad en el consumo de energía, en la potencia demandada, la sustitución de fuentes de energía y en la emisión de gases de efecto invernadero.

A partir de los datos obtenidos en el estudio se debiera priorizar: i) los artefactos destinados al calentamiento de agua, especialmente los calentadores de paso (duchas eléctricas); ii) Los destinados a la conservación de alimentos (refrigeradores, principalmente); iii) los artefactos para la iluminación; y finalmente, iv) los equipos para climatización de ambientes.

No se ha considerado los artefactos destinados a la comunicación audiovisual en el entendido que es poco probable mejorar la eficiencia en el uso final.

2. Deben contemplarse distintos ámbitos o escenarios que permitan cumplir con objetivos y metas alcanzables tomando en cuenta la factibilidad técnica de las acciones a proponer y los efectos sobre la economía del sector. En ese entendido se deben definir los posibles escenarios de acción, entre ellos: i) la sustitución de combustibles en algunos usos finales; ii) el etiquetado de los artefactos y la vigilancia del mercado; iii) la revisión de la normativa para la distribución de energía eléctrica al sector domiciliario; iv) la adecuación de la normativa para la construcción; y v) la sensibilización de la población y la capacitación de recursos humanos.

Estos posibles escenarios involucran la participación de distintos actores, entre ellos, el Gobierno Central; los gobiernos locales (municipios); las empresas distribuidoras; la autoridad de electricidad; el Instituto Boliviano de Metrología; el Instituto Bolivianos de Normalización; la Aduana Nacional; las empresas importadoras, entre otros actores.

3. En el caso de luminarias, refrigeradores, equipos de aire acondicionado, televisores, etc. la política no debe estar orientada a incentivar el ingreso o importación de equipos más eficientes, pues es el mercado el que está haciendo su tarea, impulsado por la tendencia general en el mundo. En el caso de los equipos de aire acondicionado, sin embargo, se recomienda que la vigilancia del mercado

debería estar dirigida a evitar la importación de equipos que utilizan gases refrigerantes que la comunidad internacional ha decidido sacar del mercado.

4. El tema del etiquetado y la vigilancia del mercado debe enfocarse especialmente en luminarias, artefactos de conservación de alimentos y artefactos de climatización de ambientes. Debe orientarse a la verificación y certificación de las etiquetas, no así a la creación de un etiquetado propio. Esto supone trabajar de manera conjunta con los organismos encargados de la Infraestructura de la Calidad, IC, (Instituto Boliviano de Normalización y calidad (IBNORCA), Instituto Boliviano de Metrología (IBMETRO) y el Organismo Boliviano de Acreditación (OBA)), así como con la Aduana Nacional y las empresas importadoras. Corresponde a los organismos que son parte de la infraestructura de calidad (IC) desarrollar las normas técnicas y los sistemas de medición y control, según sus competencias y funciones que están definidas para cada una de ellas.

La IC se entiende como “un sistema que contribuye a los objetivos de política del gobierno en áreas como el desarrollo industrial, la competitividad comercial en los mercados globales, el uso eficiente de los recursos naturales y humanos, la seguridad alimentaria, la salud, el medio ambiente y el cambio climático”. A su vez, “un Sistema de Infraestructura de la Calidad, SIC, es una herramienta eficaz para la definición, el desarrollo y la verificación de los requisitos de calidad de los productos y servicios. Comprueba y demuestra los productos y servicios que realmente cumplen con estos requisitos. Asegura que los requisitos de calidad y los productos y servicios generados cumplen con los requisitos del estado de la técnica y las mejores prácticas para la participación en el comercio internacional”. Son parte del SIC los organismos antes citados. En ese contexto, la Aduana Nacional juega un rol preponderante por ser el organismo técnico operativo encargado de

dar cumplimiento a disposiciones que emanan de la Autoridad Sectorial Competente, por ejemplo, en términos de la necesidad de control del etiquetado para la importación de artefactos electrodomésticos.

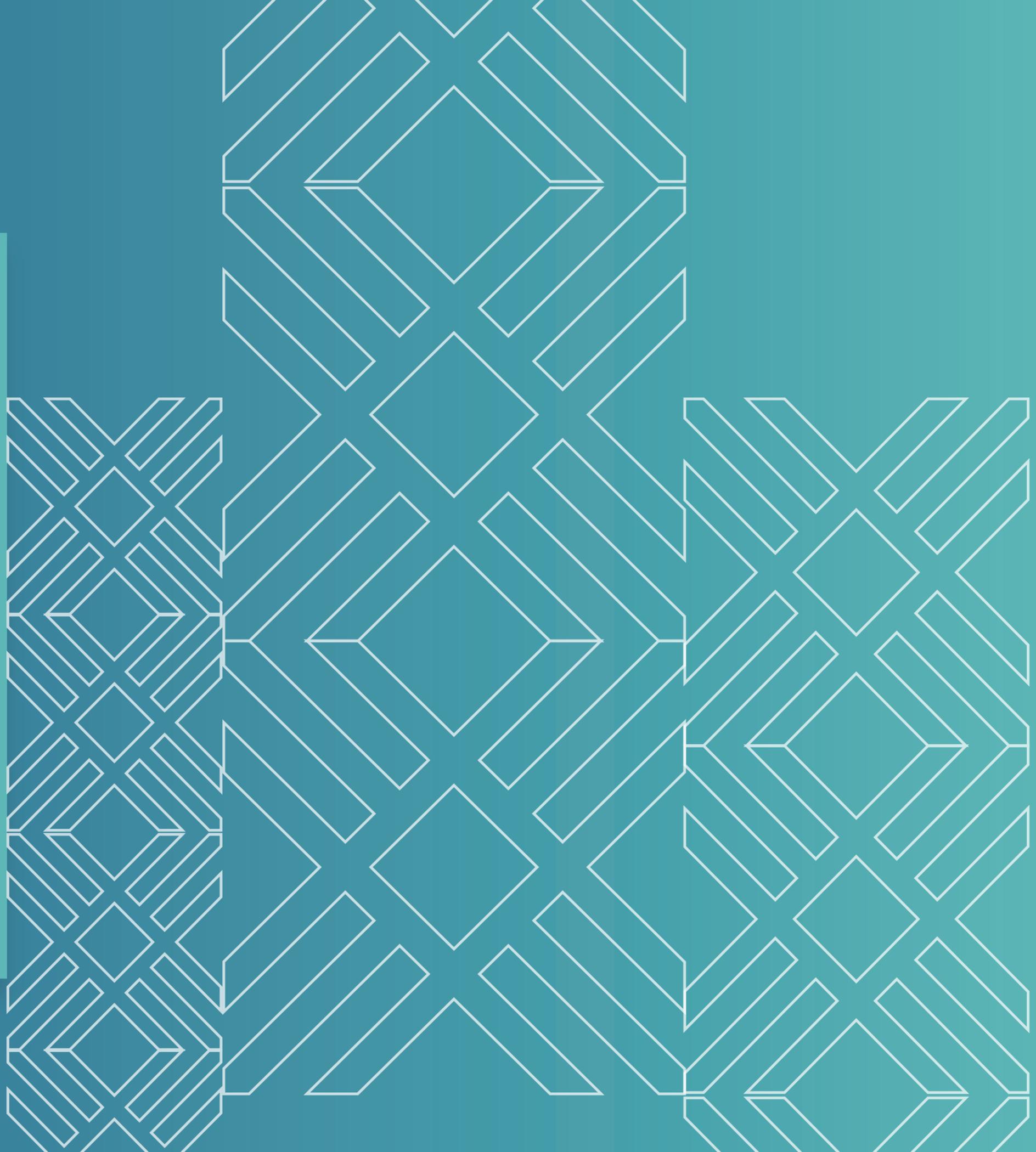
La vigilancia del mercado, es decir, el control y verificación de la calidad de los productos ofertados, en este caso los electrodomésticos, es un tema sensible, principalmente para los pequeños comerciantes proveedores de equipos electrodomésticos y luminarias. Sin embargo, es fundamental para garantizar la calidad de los productos para el usuario final.

5. La innovación tecnológica y el mercado están haciendo su parte en temas de eficiencia energética, no ocurre lo mismo con los usuarios finales quienes conservan las malas prácticas en el uso final de sus equipos (tiempos de uso, mantenimiento, hábitos de consumo, etc.), por lo tanto, habrá que trabajar en: sensibilización, información, capacitación y otro tipo de campañas.
6. Deben definirse incentivos destinados a la sustitución de las fuentes de energía, especialmente en el caso específico de artefactos para el calentamiento de agua (duchas y calefones) y también en artefactos destinados a la calefacción de ambientes.
7. Debe contemplarse la conveniencia de introducir un nuevo sistema de tarifación en el sector doméstico que permita el cobro por potencia y energía, especialmente en los tramos de mayor consumo. Esto puede incentivar la sustitución de los calentadores de agua eléctricos, cocinas y hornos eléctricos por GN.
8. Debe contemplarse la generación distribuida como una alternativa que promueva el uso de energía solar, especialmente en hogares de alto consumo.
9. Es necesario realizar estudios adicionales que permitan conocer los vacíos en términos de la normativa técnica, especialmente para las acciones destinadas al etiquetado y la vigilancia del mercado. Lo propio en términos de la normativa actual para la construcción.

1 Infraestructura de Calidad. Confianza para el Comercio. ONUDI

10

—
PROPUESTA PARA
UN PLAN DE ACCIÓN
EN EFICIENCIA
ENERGÉTICA



10

PROPUESTA PARA UN PLAN DE ACCIÓN EN EFICIENCIA ENERGÉTICA

A partir de los resultados que se han obtenido en el estudio de caracterización del consumo de energía eléctrica en los hogares de las ciudades de La Paz, Santa Cruz, Cochabamba y El Alto, a continuación, se presenta un conjunto de sugerencias que debieran ser integradas en un Plan de Acción concreto destinado a mejorar el desempeño del sector eléctrico, con importantes efectos positivos sobre el consumo de energía, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la economía del país.

Estas sugerencias se enfocan en los grupos de artefactos que son parte del equipamiento de los hogares y que tienen, por una parte, fuerte incidencia en el consumo de energía eléctrica y, por otra parte, que son susceptibles de ser sustituidos por otros de mayor eficiencia o, alternativamente, puede sustituirse la fuente de energía y, en consecuencia, incrementar la eficiencia en el uso de los recursos energéticos con los que cuenta el país.

En ese orden de cosas, a continuación, se analiza cada uno de los grupos de artefactos y las medidas que debieran aplicarse.

10.1 SUSTITUCIÓN DE ENERGÉTICOS

Está destinado principalmente a los artefactos cuyas prestaciones pueden ser las mismas sustituyendo la fuente de energía. Este es el caso del calentamiento de agua, la cocción de alimentos y la climatización de ambientes en términos de calefacción. En este documento se aborda específicamente la sustitución de electricidad por GN en artefactos destinados al calentamiento de agua (duchas y calefones) y la cocción de alimentos (cocinas eléctricas).

Se asume que la sustitución es posible en aquellos hogares en los que se cuenta con instalaciones de GN. Según la encuesta, el 60% de los hogares cuenta con dicha conexión. Se asume, por otra parte, que es posible la sustitución de la energía eléctrica consumida en esos artefactos, también en esa proporción, simplemente para fines de una aproximación al cálculo de los posibles beneficios económicos.

a) Calentamiento de agua

El consumo de energía eléctrica para el calentamiento de agua para uso doméstico alcanza a 40.6 millones de kWh/mes y representa el 28.4% del consumo total registrado en las 4 ciudades. El 98% del consumo corresponde al uso de calentadores de paso, denominados comúnmente duchas eléctricas y el restante 2% a calefones eléctricos. A continuación, se analizan ambos casos.

CALENTADORES DE AGUA DE PASO (DUCHAS)

Como se puede observar en el cuadro 10.1, la potencia de estos artefactos puede variar entre 2,500 y 7,500 vatios (W). Según los resultados de la encuesta llevada a cabo en los hogares, los que tienen mayor incidencia en el consumo son las de 5,500 W, con el 65% del total consumido en el calentamiento de agua con estos artefactos,

habiendo desplazado gradualmente a las duchas de 2,500 y 3,500 W, que eran las que tradicionalmente se usaban. En general, el afán del usuario es obtener la mayor satisfacción en el servicio que le brinda un artefacto. A partir de esta premisa, el mercado oferta duchas cada vez de mayor potencia (7,500W), por lo tanto, es posible que en los próximos años se generalice el uso de equipos de mayor potencia, con los consiguientes efectos sobre el consumo de energía eléctrica y la demanda puntual de potencia.

El uso de este tipo de artefactos tiene una fuerte incidencia en la potencia demandada, pues su uso coincide en pocas horas en el día; específicamente, se observa que su uso se concentra entre las 7:00 y 8:00 de la mañana, y en el caso de Santa Cruz, además, entre las 18:00 y 19:00 horas. Este hecho, además de su incidencia en la máxima demanda de cada una de las ciudades, tiene un efecto en la infraestructura de la distribución, principalmente en la potencia de los transformadores y dimensiones de los cables. Todo ello redundará en los costos del servicio eléctrico.

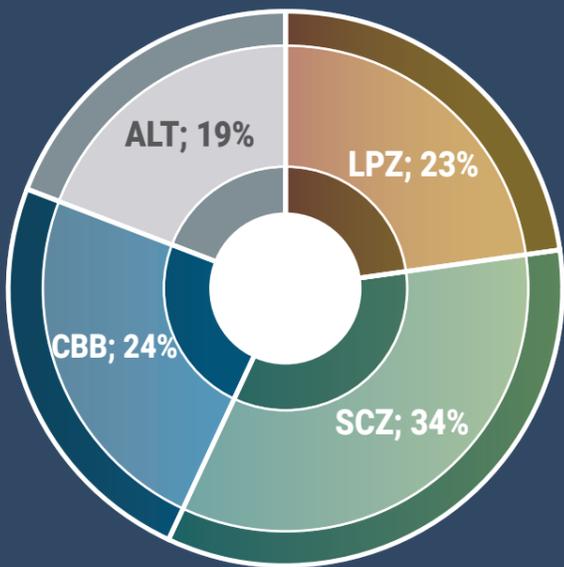
En términos de su incidencia en el consumo de energía eléctrica por el uso de estos artefactos, se observa que su distribución es casi uniforme en las 4 ciudades. Las diferencias obedecen a distintos factores, entre ellos el número de familias, el clima y el nivel socioeconómico.

Cuadro 10.1 Cantidad y consumo de artefactos eléctricos para calentamiento de agua (duchas)

Tipo de artefacto	Cantidad de Artefactos	Consumo [kWh/mes]	Consumo [kWh/año]	Incidencia	Consumo mensual promedio kWh/ equipo
DUCHAS ELÉCTRICAS (2500 W)	102,206	2,311,019	27,732,229	5.81%	22.6
DUCHAS ELÉCTRICAS (3500 W)	88,113	4,027,610	48,331,321	10.12%	45.7
DUCHAS ELÉCTRICAS (5500 W)	356,141	26,048,044	312,576,529	65.48%	73.1
DUCHAS ELÉCTRICAS (6000 W)	16,305	1,134,472	13,613,667	2.85%	69.6
DUCHAS ELÉCTRICAS (6800 W)	64,790	5,247,945	62,975,345	13.19%	81.0
DUCHAS ELÉCTRICAS (7500 W)	15,730	1,011,971	12,143,650	2.54%	64.3
TOTAL selección	643,285	39,781,062	477,372,742	100.00%	61.8

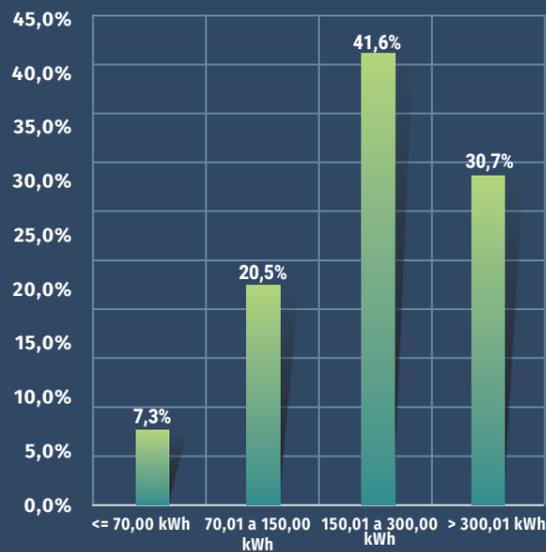
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10.1: Distribución porcentual de consumo en duchas por ciudad



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10.2: Distribución porcentual de consumo en duchas por tramo



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, cuando se analiza la incidencia del consumo por tramo, es posible observar fuertes diferencias entre los estratos de menor consumo y los de mayor consumo. El número de hogares que pertenecen al estrato < a 70 kWh/mes representan el 37%, sin embargo, el consumo de energía eléctrica en el calentamiento de agua a través de duchas es solo el 7.3%; en el otro extremo, el 10% de los hogares cuyo consumo es > a 300 kWh/mes, son responsables del 31% del consumo. Aunque se sabe, es necesario reiterar la importancia del calentamiento de agua para uso doméstico para la salud de la población.

El uso de gas natural para el calentamiento de agua está entre las alternativas más económicas y eficientes. La sustitución de la energía eléctrica por GN para este fin debiera ser uno de los retos mayores, tanto por la eficiencia como por los costos para el usuario final. Las principales barreras para la sustitución son: la falta de servicio de GN, el costo de la inversión inicial (costo de un calentador a GN) y la información adecuada al consumidor final (especialmente en términos de la seguridad).

Según los resultados obtenidos a través de la encuesta a hogares, aproximadamente el 60% de éstos tienen conexión a GN. A partir de este dato se ha realizado un ejercicio para poder estimar el impacto económico de la sustitución del 60% de la energía eléctrica utilizada en duchas para el calentamiento de agua, utilizando GN como fuente de energía para este fin. El Cálculo del ahorro económico corresponde al costo de la cantidad de energía eléctrica sustituida, tomando como costo unitario del mercado mayorista del Sistema Interconectado Nacional², y no corresponde al ahorro de los consumidores.

² Precios spot de las transacciones de la energía en el Sistema Interconectado Nacional 2017. AETN.

Cuadro 10.2: Potencial ahorro económico por la sustitución en duchas eléctricas

Tipo de artefacto	Cantidad	Consumo [kWh/mes]	Consumo [kWh/año]	Sustitución 60% [kWh/año]	Costo energía [Bs/kWh] (generación)	Ahorro Económico [Bs/año]
DUCHAS ELÉCTRICAS (2500 W)	102,206	2,311,019	27,732,229	16,639,338	0.144	2,396,065
DUCHAS ELÉCTRICAS (3500 W)	88,113	4,027,610	48,331,321	28,998,793	0.144	4,175,826
DUCHAS ELÉCTRICAS (5500 W)	356,141	26,048,044	312,576,529	187,545,917	0.144	27,006,612
DUCHAS ELÉCTRICAS (6000 W)	16,305	1,134,472	13,613,667	8,168,200	0.144	1,176,221
DUCHAS ELÉCTRICAS (6800 W)	64,790	5,247,945	62,975,345	37,785,207	0.144	5,441,070
DUCHAS ELÉCTRICAS (7500 W)	15,730	1,011,971	12,143,650	7,286,190	0.144	1,049,211
TOTAL selección	643,285	39,781,062	477,372,742	286,423,645	0.144	41,245,005

Fuente: Elaboración propia.

CALEFONES ELÉCTRICOS

Siguiendo la misma lógica se calculó el ahorro de la sustitución por GN en el caso de los calefones eléctricos. Se ha realizado un análisis separado, fundamentalmente porque el consumo de energía no está concentrado necesariamente en pocas horas y porque la incidencia del consumo, tanto por ciudad como por tramo de consumo, es diferente al de las duchas.

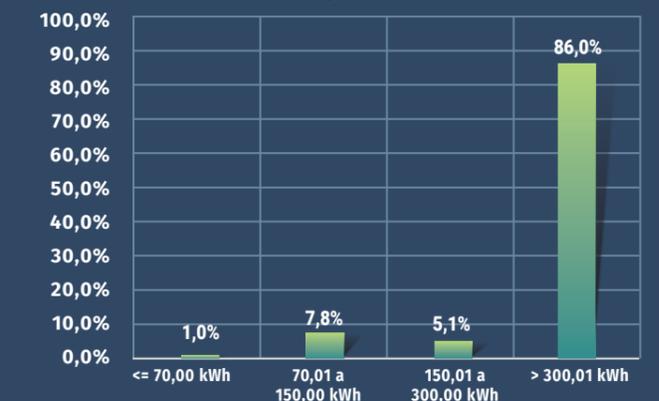
Cuadro 10.3. Cantidad y consumo de artefactos eléctricos para calentamiento de agua (Calefones)

Tipo de Artefacto	Cantidad	Consumo [kWh/mes]	Consumo [kWh/año]	Incidencia	Consumo promedio kWh/equipo
CALEFON ELÉCTRICO (MEDIANO)	3,150	439,762	5,277,141	60.2%	139.6
TERMOTANQUE ELÉCTRICO (< 30 GALONES)	1,596	795	9,536	0.1%	0.5
TERMOTANQUE ELÉCTRICO (30 - 50 GALONES)	1,059	2,906	34,867	0.4%	2.7
TERMOTANQUE ELÉCTRICO (> a 50 GALONES)	11,071	287,133	3,445,596	39.3%	25.9
TOTAL selección	16,875	730,595	8,767,139	100.0%	43.3

Fuente: Elaboración propia

El número de estos artefactos es muy pequeño comparado con el de las duchas y, por tanto, el consumo también. Prácticamente, el 100% de estos artefactos está en los hogares de la ciudad de La Paz y su incidencia en el consumo ocurre en el tramo mayor a 300 kWh/mes, como se observa en la gráfica 3.

Gráfico 10.3: Distribución porcentual de consumo en calefones por tramo



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 10.4. Potencial ahorro económico por la sustitución en calefones eléctricos

Tipo de artefacto	Cantidad	Consumo (kWh/mes)	Consumo [kWh/año]	Sustitución 60% [kWh/año]	Costo energía [Bs/kWh] (generación)	Ahorro Económico [Bs/año]
CALEFON ELÉCTRICO (MEDIANO)	3,150	439,762	5,277,141	3,166,285	0.144	455,945
TERMOTANQUE ELÉCTRICO (< 30 GALONES)	1,596	795	9,536	5,722	0.144	824
TERMOTANQUE ELÉCTRICO (30 - 50 GALONES)	1,059	2,906	34,867	20,920	0.144	3,012
TERMOTANQUE ELÉCTRICO (> a 50 GALONES)	11,071	287,133	3,445,596	2,067,357	0.144	297,699
TOTAL selección	16,875	730,595	8,767,139	5,260,283	0.144	757,481

Fuente: Elaboración propia

ACCIONES RECOMENDADAS PARA LA SUSTITUCIÓN DE DUCHAS Y CALEFONES ELÉCTRICOS POR ARTEFACTOS A GN.

Para hacer efectiva la sustitución debieran contemplarse las siguientes acciones:

- En la normativa: Introducir cambios en el sistema tarifario, específicamente la estructura tarifaria para pequeñas demandas, incorporando una tarifa binomial en las categorías que corresponden al sector doméstico, esto implica el cobro por potencia y energía de manera separada. Esta medida incentivaría la sustitución de equipos de alta potencia, como es el caso de duchas, calefones y otros equipos. Actualmente, la Categoría Pequeñas Demandas permiten demandas de hasta 10 kW de potencia. Sin embargo, esta medida implica la modificación parcial de la actual Ley de Electricidad, además de la necesidad del cambio de medidores.
- Alternativamente, se debe analizar la posibilidad de un incremento del cargo por energía en la Categoría de Pequeñas Demandas de tal manera que el costo unitario sea mayor a partir de ciertos niveles de consumo a fin de desincentivar el uso de equipos que demanden altas potencias.
- Promover la instalación de calefones o calentadores a GN: Para ello se deben realizar estudios destinados a reducir los costos de inversión que supone la adquisición e instalación de estos equipos. Una de las mayores barreras para la sustitución son las instalaciones de agua. En la mayoría de los hogares no se cuentan con instalaciones para agua caliente y agua fría. Esto implica la necesidad de modificar las normas de instalaciones de agua en las viviendas.
- Sensibilización a la población: es necesario promover el uso de GN informando a la gente de los beneficios económicos y ambientales que supone la sustitución de los artefactos eléctricos. También se debe informar sobre los riesgos y cuidados en el uso de artefactos que usan GN como combustible, es común que la gente desconfíe del uso de GN aduciendo el peligro de incendios.
- Capacitación: Brindar capacitación a constructores y técnicos encargados de construcción de viviendas y de instaladores de GN para que provean de puntos de conexión para duchas y calefones a GN.

b) Cocción de Alimentos

El consumo de energía eléctrica asociado a los artefactos destinados a la cocción de alimentos constituye menos del 5% del consumo total de los hogares de las 4 ciudades analizadas, este grupo de artefactos está integrado por cocinas eléctricas de distintas potencias, hornos eléctricos y microondas. El consumo total de todos estos artefactos está alrededor de 6.9 millones de kWh/mes; de este total, 5.5 millones de kWh/mes, aproximadamente, corresponde a los equipos que se listan en el Cuadro 10.5 y el resto se atribuye a microondas.

Las cocinas eléctricas, en sus distintas variedades, son los artefactos en los cuales es posible la sustitución de energía eléctrica por GN y son, a su vez, los que tienen mayor incidencia en el consumo. Específicamente, las cocinas de 4 y 6 hornillas son responsables del 84% del consumo. Adicionalmente, la potencia media de estos equipos en funcionamiento está entre 1.7 y 2.2 kW, lo cual incide en la máxima demanda, especialmente en el periodo de punta (18:00 a 23:00 horas).

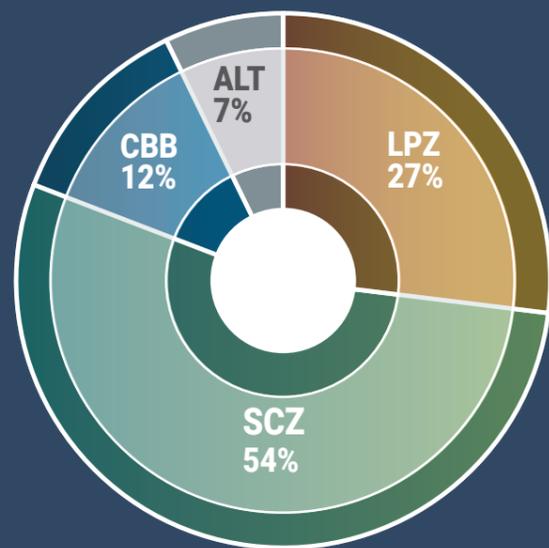
Cuadro 10.5. Cantidad y consumo de artefactos eléctricos para cocción de alimentos

Tipo de artefacto	Cantidad	Consumo (kWh/mes)	Consumo [kWh/año]	Incidencia	Consumo promedio kWh/equipo
COCINAS ELÉCTRICAS (1 HORNILLA)	5,785	91,268	1,095,212	1.65%	15.8
COCINAS ELÉCTRICAS (2 HORNILLAS)	4,051	153,142	1,837,703	2.77%	37.8
COCINAS ELÉCTRICAS (3 HORNILLAS)	1,394	86,309	1,035,711	1.56%	61.9
COCINAS ELÉCTRICAS (4 HORNILLAS)	23,226	1,647,260	19,767,124	29.74%	70.9
COCINAS ELÉCTRICAS (6 HORNILLAS)	26,744	2,697,488	32,369,853	48.70%	100.9
COCINAS ELÉCTRICAS (MÁS DE 6 HORNILLAS)	2,450	314,511	3,774,136	5.68%	128.3
COCINAS ELÉCTRICAS (PLACA DE 2 HORNILLAS)	1,460	56,905	682,862	1.03%	39.0
COCINAS ELÉCTRICAS (PLACA DE 4 HORNILLAS)	3,013	261,701	3,140,408	4.73%	86.8
HORNO DE COCINA ELÉCTRICA (PEQUEÑO)	5,098	85,123	1,021,478	1.54%	16.7
HORNO DE COCINA ELÉCTRICA (MEDIANO)	7,069	30,990	371,875	0.56%	4.4
HORNO DE COCINA ELÉCTRICA (GRANDE)	2,314	31,860	382,319	0.58%	13.8
HORNO ELÉCTRICO/ SÓLO HORNO (PEQUEÑO)	24,981	40,922	491,062	0.74%	1.6
HORNO ELÉCTRICO/ SÓLO HORNO (MEDIANO)	5,753	29,818	357,821	0.54%	5.2
HORNO ELÉCTRICO/ SÓLO HORNO (GRANDE)	2,312	10,418	125,020	0.19%	4.5
HORNO ELÉCTRICO/ SÓLO HORNO (SEMI INDUSTRIAL)	363	871	10,451	0.02%	2.4
TOTAL	116,014	5,538,586	66,463,034	100.0%	47.8

Fuente: Elaboración propia

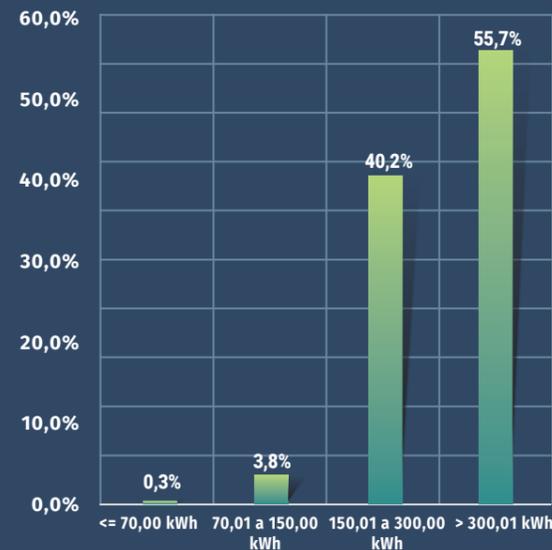
El uso de este tipo de artefactos se concentra, principalmente, en las ciudades de Santa Cruz y La Paz, donde el consumo tiene una incidencia del 54% y del 27%, respectivamente, como se puede observar en la Figura 4.

Gráfico 10.4: Distribución porcentual de consumo cocción de alimentos



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10.5: Distribución porcentual de consumo cocción de alimentos por tramo



Fuente: Elaboración propia

Su incidencia en el consumo por tramo está concentrada en los rangos de mayor consumo, de 150 a 300 kWh/mes y los > a 300kWh/mes, con el 40.2 y 55.7%, respectivamente, como se observa en la Gráfico 10.5.

Al igual que en el caso de las duchas eléctricas y calefones eléctricos, se ha realizado un ejercicio para poder ver el impacto económico a partir de la sustitución del 60% de la energía eléctrica utilizada en las cocinas eléctricas por GN como fuente de energía. El Cálculo del ahorro económico corresponde al costo de la cantidad de energía eléctrica sustituida, tomando como costo unitario del mercado mayorista del Sistema Interconectado Nacional.

Se han seleccionado las cocinas de 4, 6 y más hornillas, porque constituyen el 45% de los artefactos, pero más del 84% en términos del consumo de cocinas y hornos (ver Cuadro 10.5). El ahorro económico por la sustitución está en el orden de 9,6 millones de bolivianos por año y la reducción del consumo de energía implicaría una reducción del orden del 34% respecto al consumo actual en el grupo de artefactos que incluye cocinas y hornos eléctricos.

Cuadro 10.6. Potencial ahorro económico por la sustitución en artefactos para cocción de alimentos

Tipo de artefacto	Cantidad	Consumo (kWh/mes)	Consumo [kWh/año]	Sustitución 60% [kWh/año]	Costo energía [Bs/kWh] (generación)	Ahorro Económico [Bs/año]
COCINAS ELÉCTRICAS (4 HORNILLAS)	23,226	1,647,260	19,767,124	11,860,274	0.144	1,707,880
COCINAS ELÉCTRICAS (6 HORNILLAS)	26,744	2,697,488	32,369,853	19,421,912	0.144	2,796,755
COCINAS ELÉCTRICAS (> 6 HORNILLAS)	2,450	314,511	3,774,136	2,264,482	0.144	326,085
Total Seleccionado	52,420	4,659,259	55,911,112	33,546,667	0.144	4,830,720
% del total de cocinas y hornos	45.18%	84.12%	84.12%	50.47%	0.144	9,661,440

Fuente: Elaboración propia

ACCIONES RECOMENDADAS PARA LA SUSTITUCIÓN DE COCINAS ELÉCTRICAS POR COCINAS A GN

Para hacer efectiva la sustitución deberían contemplarse las siguientes acciones:

- a) En la normativa: Como en el caso explicado para los artefactos destinados al calentamiento de agua, es necesario introducir cambios en el sistema tarifario (ver el caso de sustitución de artefactos para el calentamiento de agua).
- b) Promover la instalación de cocinas a GN: Para ello se deben realizar estudios destinados a reducir los costos de inversión que supone la sustitución.
- c) Sensibilización a la población: es necesario promover el uso de GN informando a la gente de los beneficios económicos (menores costos por las mismas prestaciones de la energía, es decir menor costo por unidad térmica) y ambientales (menores emisiones

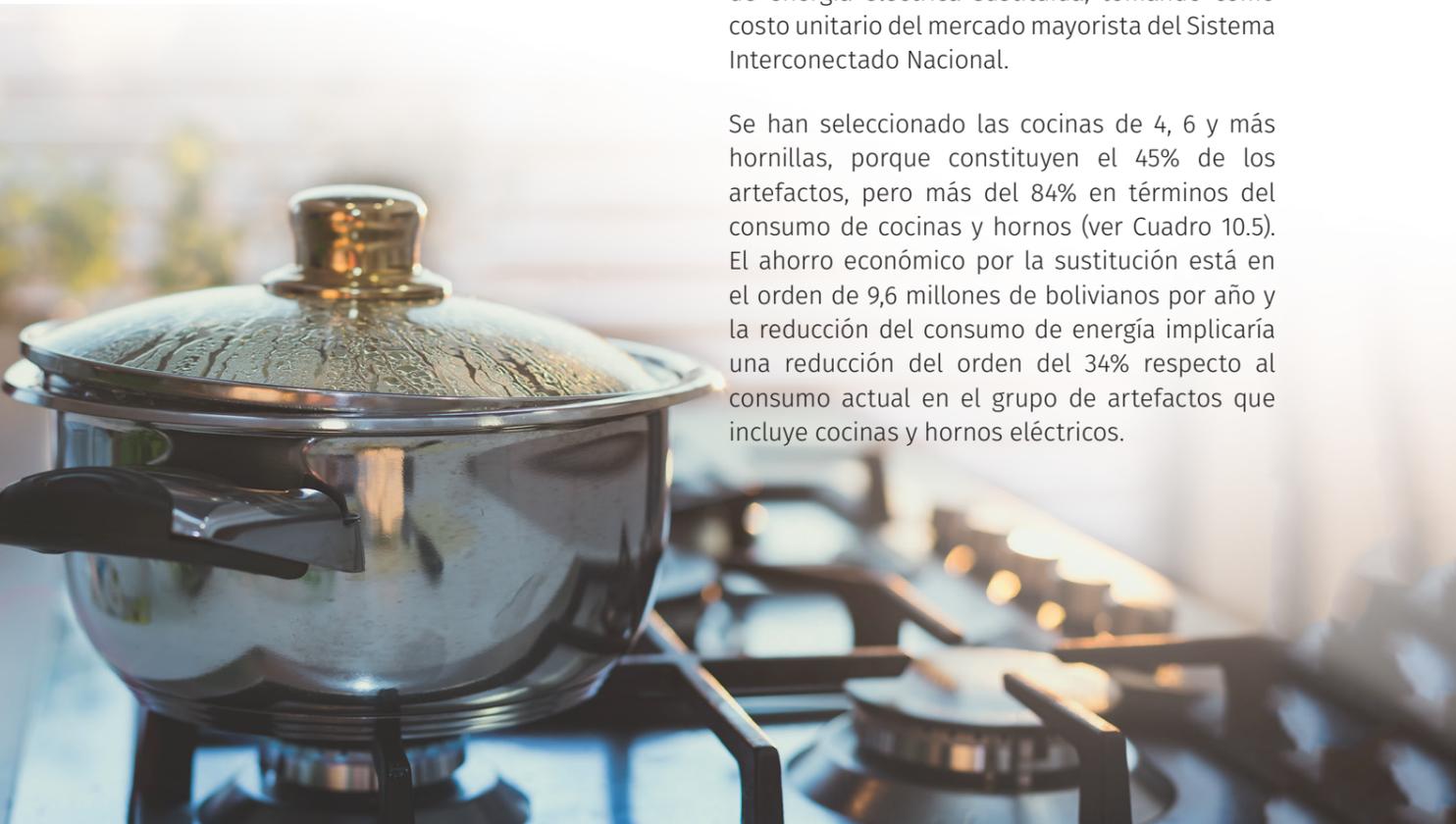
de CO₂ por unidad de energía en el uso final) que supone la sustitución de los artefactos eléctricos. La sensibilización para promover el uso de GN en sustitución de la energía eléctrica supone el diseño de una estrategia que debe formar parte de una política de eficiencia energética.

- d) Mejorar la eficiencia de cocinas y hornos: debe realizarse estudios específicos destinados a evaluar la eficiencia de la combustión en cocinas y hornos a GN, especialmente en ciudades como La Paz y El Alto.
- e) Capacitación a técnicos y fabricantes: Existe en Bolivia una industria incipiente de cocinas y hornos a GN y GLP que debiera ser apoyada y fortalecida. La capacitación en temas relativos a la eficiencia de la combustión, aislamiento y sistemas de seguridad deberían ser los temas para trabajarse.

10.2. INTRODUCCIÓN DE EQUIPOS MÁS EFICIENTES

Una cantidad importante de energía eléctrica puede ser ahorrada a partir del uso de equipos más eficientes, es decir, con menor consumo de energía, pero brindando los mismos servicios o prestaciones y, en algunos casos con mejores desempeños. El análisis de la oferta de equipos en el mercado local demuestra que en el país existen artefactos con altos niveles de eficiencia

y con precios cada vez menores lo cual permite que exista mayor accesibilidad a este tipo de artefactos por parte de la población. En todos los grupos de artefactos que forman parte del equipamiento de los hogares se han mejorado los niveles de eficiencia, principalmente a partir de las exigencias que imponen las normas en los países de origen.



Sin embargo, debe tomarse en cuenta que los niveles de eficiencia varían entre las distintas marcas y aún dentro de una misma marca, pues los niveles de eficiencia van aumentando permanentemente. La manera en la que se muestra a los consumidores los niveles de eficiencia energética es la etiqueta que, dependiendo del país o la región, comparan los distintos niveles de eficiencia a través de colores y letras. Los mecanismos de control de etiquetado y de vigilancia del mercado juegan un rol muy importante en este aspecto.

En este punto analizaremos algunos artefactos que deben ser parte de una política de eficiencia energética, tanto por los niveles de consumo de energía eléctrica que implica su uso, es el caso de refrigeradores y luminarias; como por la rápida incorporación al equipamiento de los

hogares, como es el caso de equipos de aire acondicionado, especialmente en las regiones de clima cálido.

AIRE ACONDICIONADO

Los equipos de aire acondicionado forman parte del grupo de los artefactos destinados a la climatización de ambientes, los cuales se tornan de uso más frecuente porque la gente, en general, busca mayores niveles de confort. El consumo destinado a este grupo de artefactos alcanza a 9.7 millones de kWh/mes en las 4 ciudades estudiadas. Los equipos de aire acondicionado representan, aproximadamente 6.1 millones de kWh/mes, es decir, el 63% del consumo en equipamiento para la climatización de ambientes (Ver cuadro 10.7)

Cuadro 10.7. Cantidad y consumo de energía en artefactos de aire acondicionado

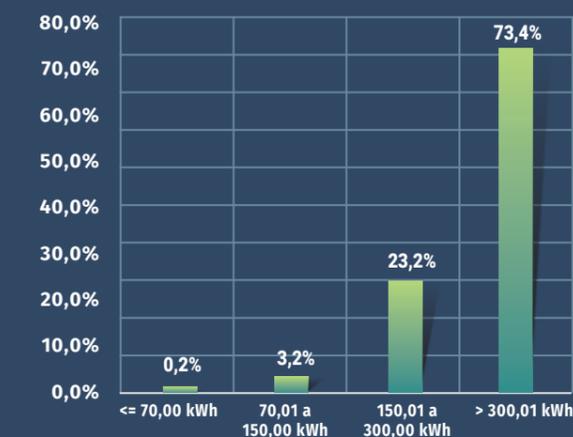
Tipo de Artefacto	Cantidad	Consumo [kWh/mes]	Consumo [kWh/año]	Incidencia	Consumo promedio kWh/equipo
AIRE ACONDICIONADO TIPO VENTANA (PEQUEÑO)	537	499	5,993	0.01%	0.9
AIRE ACONDICIONADO TIPO VENTANA (GRANDE)	17,030	184,167	2,210,005	3.02%	10.8
AIRE ACONDICIONADO PORTÁTIL/ FRIO	333	63	760	0.00%	0.2
SPLIT CHILLER CENTRAL (PEQUEÑO)	8,930	214,216	2,570,590	3.51%	24.0
SPLIT CHILLER CENTRAL (MEDIANO)	761	853	10,233	0.01%	1.1
SPLIT CHILLER CENTRAL (GRANDE)	415	3,987	47,843	0.07%	9.6
SPLIT AIRE PISO - TECHO (FRIO/CALOR) (5k A 10k BTU)	49,582	1,311,841	15,742,093	21.51%	26.5
SPLIT AIRE PISO - TECHO (FRIO/CALOR) (11k A 15k BTU)	32,242	2,591,873	31,102,476	42.49%	80.4
SPLIT AIRE PISO - TECHO (FRIO/CALOR) (16k A 25k BTU)	7,281	331,919	3,983,025	5.44%	45.6
SPLIT AIRE PISO - TECHO (FRIO/CALOR) (26k A 40k BTU)	3,118	224,754	2,697,045	3.68%	72.1
SPLIT AIRE DE PARED (SOLO FRIO) (5k - 12k BTU)	11,088	245,255	2,943,055	4.02%	22.1
SPLIT AIRE DE PARED (SOLO FRIO) (12k - 15k BTU)	3,667	66,658	799,900	1.09%	18.2
SPLIT AIRE DE PARED (SOLO FRIO) (16k A 2k BTU)	2,905	136,604	1,639,252	2.24%	47.0
SPLIT AIRE DE PARED (SOLO FRIO) (20k - 22k BTU)	1,445	39,931	479,168	0.65%	27.6
SPLIT AIRE DE PARED (SOLO FRIO) (22k - 35k BTU)	13,421	646,939	7,763,265	10.61%	48.2
SPLIT AIRE PISO-TECHO (FRIO/CALOR) INVERTER (5k - 14k)	2,983	93,700	1,124,401	1.54%	31.4
SPLIT AIRE PISO-TECHO (FRIO/CALOR) INVERTER (15k- 20k)	1,246	3,435	41,219	0.06%	2.8
SPLIT AIRE PISO-TECHO (FRIO/CALOR) INVERTER (49k- 60k)	761	2,658	31,895	0.04%	3.5
TOTAL selección	157,746	6,099,351	73,192,216	100.00%	38.7

Fuente: Elaboración propia

La incidencia en el consumo de energía eléctrica de estos artefactos está en un 100% en la ciudad de Santa Cruz, entendible por las condiciones climáticas de esta ciudad respecto a las otras 3 estudiadas. Por estrato de consumo, la mayor incidencia está en el rango de consumidores > a 300kWh/mes de esa ciudad, con el 73.4%. (Ver gráfico 10.6)

Del conjunto de artefactos de aire acondicionado, se ha seleccionado aquellos que tienen mayor incidencia en el consumo, según se observa en el cuadro 10.7, para hacer un ejercicio destinado a evaluar el nivel de ahorro de energía si se sustituyen dichos equipos por equipos de equiparables prestaciones, pero de mayor eficiencia, mismos que actualmente existen en el mercado.

Gráfico 10.6: Distribución porcentual de consumo de aire acondicionado por tramo



Fuente: Elaboración propia



Cuadro 10.8. Potencial ahorro económico por mejora en la eficiencia de equipos de aire acondicionado

Tipo de artefacto	Nº Artefactos	Consumo [kWh/año]	Potencia Media inverter [W]	Winverter/W split común	Ahorro energía [kWh/año]	Costo energía [Bs/kWh] (generación)	Ahorro Económico [Bs/año]
SPLIT O AIRE PISO-TECHO (FRIO/CALOR) (5K A 10K BTU)	49,582	15,742,093	300	0,70	4,709,720	0.144	678,200
SPLIT O AIRE PISO-TECHO (FRIO/CALOR) (11k A 15k BTU)	32,242	31,102,476	360	0,39	18,871,986	0.144	2,717,566
SPLIT O AIRE DE PARED (SOLO FRIO) (22K A 35K BTU)	13,421	7,763,265	640	0,83	1,310,681	0.144	188,738
Total Seleccionado	95,245	54,607,833			24,892,387	0.144	3,584,504
% del total de equipos de aire acondicionado	60%	75%			34%		

Fuente: Elaboración propia

El número de artefactos seleccionados equivale al 60% del total de estos artefactos y representa el 75% del consumo. El ahorro en energía equivale a 34% del total de energía que consume el total

de artefactos de aire acondicionado. El ahorro económico está alrededor de 3.6 millones de bolivianos al año (Ver cuadro 10.8).

ACCIONES RECOMENDADAS PARA LA INTRODUCCIÓN DE EQUIPOS MÁS EFICIENTES

La sustitución de equipos de aire acondicionado tradicionales por sus similares de mayor eficiencia es un proceso “natural” que responde a las exigencias del mercado internacional. En otras palabras, el mercado está ofertando actualmente equipos mucho más eficientes que los tradicionales equipos de aire acondicionado de ventana, e incluso los equipos duales (Frio/caliente) Split. Los artefactos de aire acondicionado con tecnología inverter tienen niveles de eficiencia mayor y están presentes en el mercado local. Sin embargo, las acciones de un programa de eficiencia energética debieran considerar los siguientes aspectos:

- a) El control de la calidad: Debe controlarse la calidad de los equipos que se ofertan en el mercado a través del etiquetado y la vigilancia del mercado. Para esto es necesario trabajar de manera coordinada con los organismos encargados de la normativa y de la medición del rendimiento de los equipos, es decir, IBNORCA e IBMETRO. Debe desarrollarse la normativa técnica correspondiente,

lo cual implica una amplia participación de diferentes actores, entre otros los importadores y los institutos con capacidad técnica para el desarrollo y/o adecuación de la normativa correspondiente.

- b) Sensibilización e información a la población: es necesario promover el uso de equipos más eficientes, informando a la gente de los beneficios económicos y ambientales que supone el uso de equipos más eficientes. Un aspecto importante en este sentido es el cálculo del ahorro en el tiempo frente a la inversión inicial.

Aislamiento en la construcción: debe generarse una nueva normativa respecto a la construcción que tome en cuenta los niveles de aislamiento, las pérdidas y ganancias a través de la envolvente térmica de las construcciones. Esto debe incluir la capacitación a los constructores en temas relacionados con los materiales de construcción y las formas constructivas.

problema de los FFC que se desechan por los niveles de contaminación con mercurio; lo propio ocurre con los tubos fluorescente, que, si bien constituyen una baja proporción, los niveles de contaminación no son menores.

La penetración de la tecnología Led es importante, más aún si se toma en cuenta que hasta hace 4 años no contaba con una partida arancelaria para su importación. El problema que se enfrenta con este tipo de artefactos es la calidad del producto en términos de duración, potencia declarada y nivel de luminiscencia.

ILUMINACIÓN

El consumo de energía eléctrica en iluminación está en el orden de los 15.2 millones de kWh/mes en las 4 ciudades estudiadas y representa aproximadamente el 10.6% del total consumido. De los 8.3 millones de estos artefactos en los hogares, aproximadamente el 12.2% son incandescentes, el 67.3% son fluorescentes compactos (FFC), 6% tubos fluorescentes, 13.2 son Led y alrededor de 06% dicroicos y halógenos (Ver cuadro 10.9).

La penetración de FFC en los últimos años ha sido masiva, sin embargo, se debe enfrentar el

Cuadro 10.9. Cantidad y consumo de energía en artefactos de iluminación.

Tipo de Artefacto	Potencia media	Cantidad	Consumo [kWh/mes]	Consumo [kWh/año]	Incidencia en el consumo
Incandescente	76.2	1,017,027	4,730,421	56,765,048	31.1%
Fluorescente compacto	19.1	5,607,398	8,004,312	96,051,746	52.6%
Tubos fluorescentes	31.0	501,244	1,240,765	14,889,175	8.2%
Dicroicos	19.8	25,739	18,127	217,519	0.1%
Foco halógeno	40.4	24,204	79,643	955,718	0.5%
Led	16.9	1,099,021	1,082,064	12,984,772	7.1%
Lámparas de Led	17.6	54,000	60,287	723,445	0.4%
TOTAL selección	26.2	8,328,633	15,215,619	182,587,424	100.0%

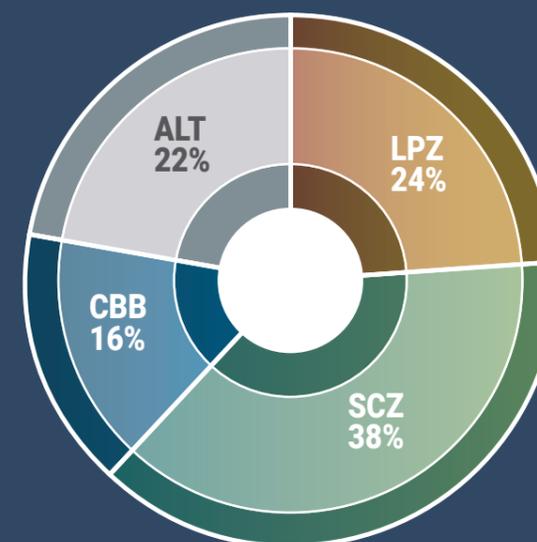
Fuente: Elaboración propia

La distribución del consumo por ciudades a Santa Cruz como el principal consumidor en iluminación con el 38%, La Paz con el 24%, El Alto el 22% y Cochabamba el 16%. En gran medida, esta distribución del consumo de electricidad por ciudad responde a la proporción de habitantes que tiene cada una de ellas.

En términos de incidencia por tramo de consumo existe una concentración en los estratos de mayor consumo (150 a 300kWh/mes y > a 300 kWh/mes), lo cual, como se ha visto en los otros casos estudiados, es una característica que se repite.

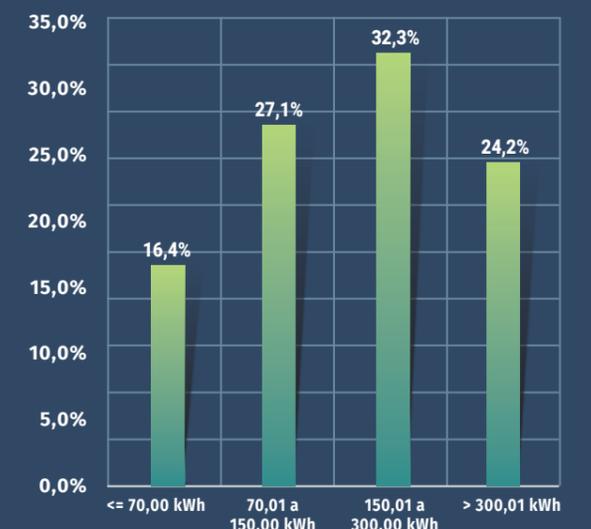


Gráfico 10.7: Distribución porcentual de consumo en iluminación



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10.8: Distribución porcentual de consumo en iluminación por tramo



Fuente: Elaboración propia

La sustitución del total de FFC e incandescentes por luminarias de tecnología Led es perfectamente posible dada la oferta cada vez mayor y de menor costo en el mercado. Para el ejercicio se ha tomado los focos incandescentes, los FFC y los tubos fluorescentes, mismos que podrían ser sustituidos por sus respectivos

equivalentes en tecnología Led. Para el cálculo respectivo se ha tomado la potencia media de las luminarias a ser sustituidas y se las ha comparado con la potencia media de un foco Led que puede brindar similares prestaciones, como se puede observar en el cuadro 10.10

Cuadro 10.10: Potencial ahorro por la sustitución de luminarias.

Tipo de artefacto	Cantidad	Potencia media [W]	Consumo [kWh/año]	Potencia media LED [W]	Potencia LED/ Potencia media	Consumo [kWh/año]	Ahorro [kWh/año]	Costo energía [Bs/kWh] (generación)	Ahorro Económico [Bs/año]
Incandescente	1,017,027	76.2	56,765,048	10	0.13	7,446,790	49,318,258	0.144	7,101,829
Fluorescente compacto	5,607,398	19.1	96,051,746	10	0.52	50,234,650	45,817,096	0.144	6,597,662
Tubos fluorescentes	501,244	31.0	14,889,175	17.7	0.57	8,502,646	6,386,530	0.144	919,660
Total Seleccionado	7,125,670		167,705,970			66,184,085	101,521,884	0.144	14,619,151

Fuente: Elaboración propia

ACCIONES RECOMENDADAS PARA LA SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS



Como se señaló anteriormente, el principal problema que enfrentan los consumidores al momento de la compra de una luminaria Led es la validez del producto en términos de tiempo de duración, potencia y luminiscencia. Para salvar esta situación es necesario trabajar en:

- El desarrollo de las normas técnicas correspondientes, que debieran estar a cargo del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA).
- Desarrollar un mecanismo que permita la evaluación de la calidad y el control respectivo de las importaciones y la vigilancia del mercado. Esto debe trabajarse juntamente con el Instituto Boliviano de Metrología (IBMETRO).
- Informar a la población sobre el etiquetado y su interpretación.

REFRIGERADORES

El consumo de energía eléctrica en artefactos destinados a la conservación de alimentos es el más alto después del consumo en artefactos destinados al calentamiento de agua. En las 4 ciudades estudiadas se consumen 34.3 millones de kWh/mes, lo cual representa el 24% del total consumido. El consumo de energía eléctrica en este tipo de artefactos constituye una base en la potencia demandada por los hogares. A su vez, la potencia demandada por estos artefactos depende del tamaño del equipo y de su antigüedad. En el cuadro 10.11 se puede ver la variedad de equipos que existen actualmente en uso.



Cuadro 10.11. Cantidad y consumo de energía en artefactos para conservación de alimentos.

CONSUMO (EN kWh)	Potencia media [KW]	Cantidad	Consumo [kWh/mes]	Consumo [kWh/año]	Incidencia	Consumo promedio kWh/equipo
FRIGOBAR/ 2 PUERTAS (2 A 4 PIES3)	6.6	64,026	284,611	3,415,331	0.8%	4.4
REFRIGERADORES/2 PUERTAS (5 A 10 PIES3)	6.6	120,970	2,525,388	30,304,662	7.4%	20.9
REFRIGERADORES/2 PUERTAS (11 A 15 PIES3)	29.3	306,456	11,128,531	133,542,370	32.5%	36.3
REFRIGERADORES/2 PUERTAS (16 A 19 PIES3)	51.5	57,517	2,879,850	34,558,204	8.4%	50.1
REFRIGERADORES/2 PUERTAS (20 Y > PIES3)	71.1	29,935	3,840,877	46,090,521	11.2%	128.3
FRIGOBAR (2 A 4 PIES3)	180	47,184	210,432	2,525,187	0.6%	4.5
REFRIGERADORES/1 PUERTA (5 A 10 PIES3)	25.5	269,965	4,880,005	58,560,055	14.2%	18.1
REFRIGERADORES/1 PUERTA (> A10 PIES3)	60.9	86,677	3,703,668	44,444,014	10.8%	42.7
FREEZER (MENOR A 150 L)	29.3	28,725	884,072	10,608,862	2.6%	30.8
FREEZER (DE 151 A 200 L)	23	29,092	863,413	10,360,957	2.5%	29.7
FREEZER (MÁS DE 200 L)	130	56,398	2,185,694	26,228,324	6.4%	38.8
FREEZER/ CON PUERTA CORREDIZA	46.9	5,642	59,950	719,398	0.2%	10.6
REFRIGERADORES/ PUERTA VIDRIO	46.9	9,661	151,234	1,814,803	0.4%	15.7
REFRIGERADORES/ 1 PUERTA/ANTIGUO	60	38,481	618,235	7,418,817	1.8%	16.1
REFRIGERADORES3 CUERPOS	16.9	697	65,134	781,609	0.2%	93.5
FREEZER/ 4 TAPAS	34.6	269	2,784	33,414	0.0%	10.4
TOTAL selección		1,151,694	34,283,877	411,406,528	100.0%	29.8

Fuente: Elaboración propia

A nivel de los hogares, la presencia de refrigeradores es, de lejos, mayor a la de freezers, y dentro de los refrigeradores tienen principal incidencia los que tienen capacidad entre 10 y 20 pies cúbicos. Los equipos modernos tienen mejores niveles de eficiencia con potencias medias menores, sin embargo, en el caso

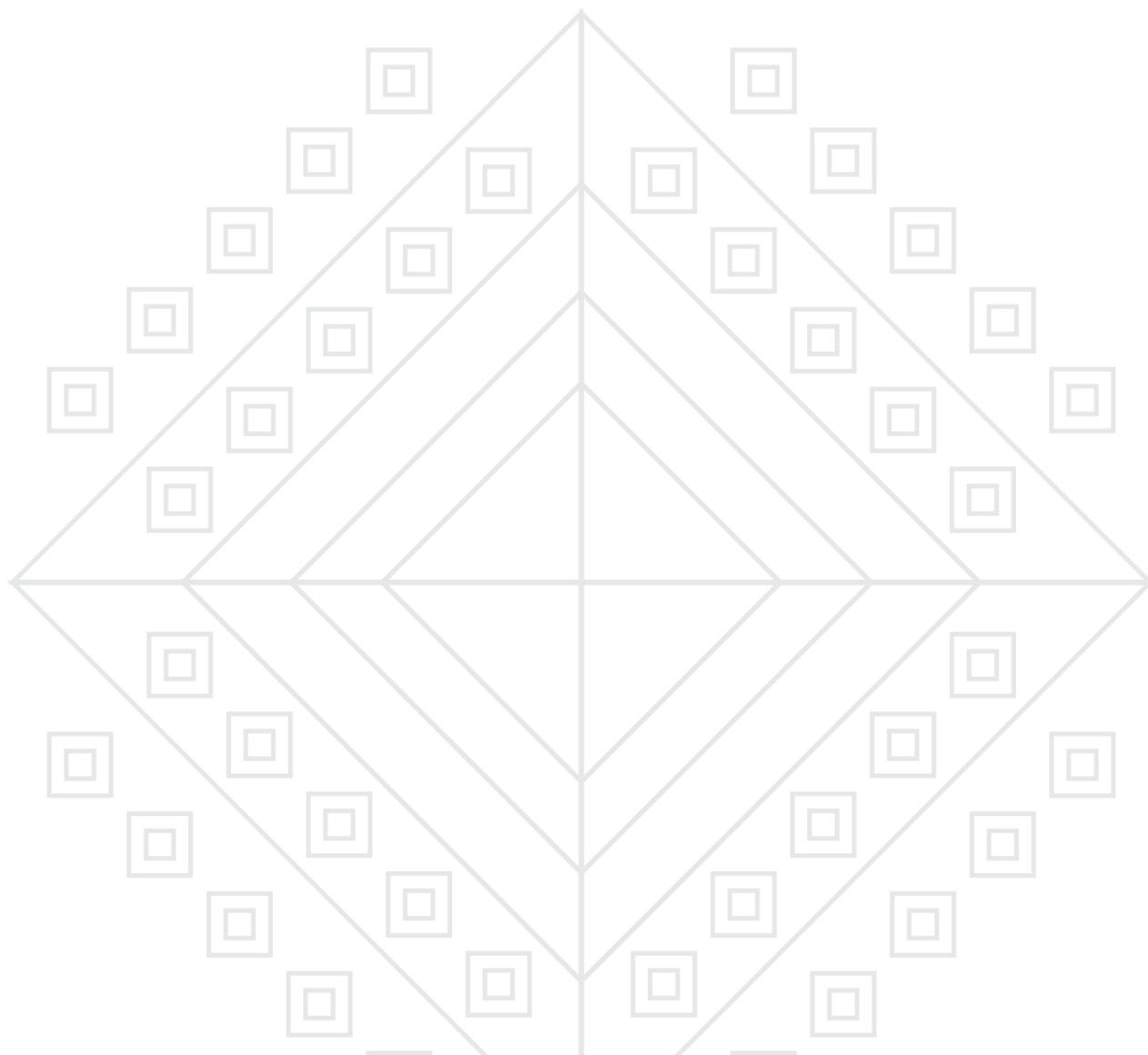
específico de los refrigeradores, existen otros factores que afectan el nivel de consumo de energía eléctrica de manera significativa, más allá de la potencia media. El espacio destinado a la ubicación del refrigerador, con mayor o menor nivel de ventilación; la cantidad de productos que se incorporan en el refrigerador y la temperatura

de estos productos; el mantenimiento (limpieza y acumulación de hielo); entre otros, son los factores que inciden en el desempeño de un refrigerador.

Por todo lo anteriormente explicado es poco probable realizar una estimación del posible ahorro de energía por la sustitución de equipos antiguos por equipos equivalentes de mayor nivel de eficiencia. Es importante realizar estudios a mayor detalle sobre el rendimiento de refrigeradores en distintas condiciones de uso y, a partir de estos estudios, establecer acciones concretas para este tipo de artefactos.

Sin embargo, es necesario trabajar en los siguientes aspectos:

- a.** Control de los niveles de eficiencia: Es necesario el control de la calidad de los productos que se importan y definir un mecanismo destinado a la vigilancia del mercado.
- b.** Desarrollar las normas técnicas necesarias para el control de la eficiencia de los equipos de refrigeración.
- c.** Se deben realizar estudios sobre los niveles de eficiencia según usos y costumbres de los hogares en Bolivia.
- d.** Capacitar y sensibilizar a la población para el uso adecuado de los refrigeradores.



ANEXOS



11 ANEXOS

11.1 Anexo 1 Posesión de artefactos por ciudad y tramo de consumo

% de hogares que poseen algún artefacto del grupo	Total	La Paz			
		SEGMENTO CONSUMO			
		<= 70,00 kWh	70,01 a 150,00 kWh	150,01 a 300,00 kWh	300,01 > kWh
Cocción de alimentos	56.24%	30.70%	62.09%	72.73%	87.10%
Comunicación audiovisual	99.21%	98.14%	99.53%	100.00%	100.00%
Conservación de alimentos	81.46%	59.07%	89.57%	95.45%	100.00%
Calentamiento de agua	82.15%	62.33%	88.15%	95.45%	100.00%
Climatización de ambientes	8.20%	2.79%	8.53%	7.27%	29.03%
Electrodomésticos para la ropa	79.93%	57.67%	88.63%	93.64%	96.77%
Equipos de computación	52.11%	29.30%	53.08%	71.82%	80.65%
Artefactos adicionales para el uso del hogar	2.58%	0.93%	2.84%	1.82%	9.68%
TOTAL HOGARES	225,400	78,019	70,270	55,510	21,601

% de hogares que poseen algún artefacto del grupo	Total	Santa Cruz			
		SEGMENTO CONSUMO			
		<= 70,00 kWh	70,01 a 150,00 kWh	150,01 a 300,00 kWh	300,01 > kWh
Cocción de alimentos	45.16%	10.84%	34.17%	57.72%	76.79%
Comunicación audiovisual	99.22%	98.39%	99.17%	99.33%	100.00%
Conservación de alimentos	97.40%	90.76%	99.17%	99.33%	98.21%
Calentamiento de agua	35.89%	4.42%	19.58%	48.32%	73.21%
Climatización de ambientes	70.04%	38.96%	65.83%	80.54%	91.07%
Electrodomésticos para la ropa	86.85%	66.27%	81.67%	97.32%	98.21%
Equipos de computación	43.71%	16.47%	41.25%	49.66%	66.07%
Artefactos adicionales para el uso del hogar	3.54%	0.80%	2.92%	4.70%	5.36%
TOTAL HOGARES	342,200	66,884	99,672	113,445	62,199

% de hogares que poseen algún artefacto del grupo	Total	Cochabamba			
		SEGMENTO CONSUMO			
		<= 70,00 kWh	70,01 a 150,00 kWh	150,01 a 300,00 kWh	300,01 > kWh
Cocción de alimentos	38.51%	15.84%	47.62%	58.24%	82.76%
Comunicación audiovisual	98.84%	97.29%	100.00%	100.00%	100.00%
Conservación de alimentos	93.03%	87.33%	97.02%	96.70%	100.00%
Calentamiento de agua	63.81%	35.29%	79.17%	91.21%	93.10%
Climatización de ambientes	9.22%	4.07%	7.74%	16.48%	27.59%
Electrodomésticos para la ropa	80.59%	66.06%	87.50%	94.51%	100.00%
Equipos de computación	47.70%	28.51%	54.17%	64.84%	89.66%
Artefactos adicionales para el uso del hogar	26.30%	13.57%	26.19%	38.46%	72.41%
TOTAL HOGARES	249,505	106,193	77,178	49,807	16,327

% de hogares que poseen algún artefacto del grupo	Total	El Alto			
		SEGMENTO CONSUMO			
		<= 70,00 kWh	70,01 a 150,00 kWh	150,01 a 300,00 kWh	300,01 > kWh
Cocción de alimentos	16.79%	6.45%	20.12%	46.94%	50.00%
Comunicación audiovisual	99.14%	98.92%	100.00%	97.96%	100.00%
Conservación de alimentos	55.59%	38.17%	72.78%	83.67%	100.00%
Calentamiento de agua	70.89%	55.38%	86.39%	97.96%	100.00%
Climatización de ambientes	4.90%	1.08%	5.33%	10.20%	50.00%
Electrodomésticos para la ropa	52.74%	37.63%	67.46%	75.51%	100.00%
Equipos de computación	37.79%	21.24%	47.93%	73.47%	100.00%
Artefactos adicionales para el uso del hogar	0.41%	0.27%	0.00%	2.04%	0.00%
TOTAL HOGARES	266,889	149,613	75,078	34,257	7,941

11.2 Anexo 2 Número de usuarios y consumo para el periodo 2014-2018

La Paz, Cochabamba y El Alto

Año	0 - 70 [kWh/mes]		71 - 150 [kWh/mes]		151 - 300 [kWh/mes]		> = 301 [kWh/mes]		Total [kWh/mes]	
	Usuarios	Consumo	Usuarios	Consumo	Usuarios	Consumo	Usuarios	Consumo	Usuarios	Consumo
2014	289,719	100,460,215	192,119	235,930,848	122,086	306,389,561	39,655	266,451,018	643,579	909,231,641
2015	301,006	103,173,965	201,615	249,233,447	126,983	322,744,593	40,854	272,270,154	670,458	947,422,159
2016	318,388	107,700,646	213,433	262,150,501	127,418	332,004,739	35,918	258,976,766	695,157	960,832,652
2017	325,551	113,154,796	221,971	274,087,806	135,309	334,664,283	38,077	247,176,650	720,908	969,083,535
2018	335,714	116,193,547	231,440	285,380,572	138,944	346,207,119	37,088	245,393,119	743,186	993,174,357

Crecimiento porcentual La Paz, Cochabamba y El Alto

Año	0 - 70 [kWh/mes]		71 - 150 [kWh/mes]		151 - 300 [kWh/mes]		> = 301 [kWh/mes]		Total [kWh/mes]	
	Usuarios	Consumo	Usuarios	Consumo	Usuarios	Consumo	Usuarios	Consumo	Usuarios	Consumo
2014										
2015	3.90%	2.70%	4.94%	5.64%	4.01%	5.34%	3.02%	2.18%	4.18%	4.20%
2016	5.77%	4.39%	5.86%	5.18%	0.34%	2.87%	-12.08%	-4.88%	3.68%	1.42%
2017	2.25%	5.06%	4.00%	4.55%	6.19%	0.80%	6.01%	-4.56%	3.70%	0.86%
2018	3.12%	2.69%	4.27%	4.12%	2.69%	3.45%	-2.60%	-0.72%	3.09%	2.49%



NIRAS
IP CONSULT


cooperación
alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT


años
de Cooperación alemana
con Bolivia 1962 - 2022

Implementada por:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

