

**ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE ELECTRICIDAD Y CALOR CON
PROYECCIÓN AL AÑO 2040 PARA DOS CASOS DE ESTUDIO DEL PÁRAMO DE
SANTURBÁN.**



Diana Alexandra Ortiz Flórez

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
PAMPLONA NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA**

2022

**ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE ELECTRICIDAD Y CALOR CON
PROYECCIÓN AL AÑO 2040 PARA DOS CASOS DE ESTUDIO DEL PÁRAMO DE
SANTURBÁN.**

Diana Alexandra Ortiz Florez

Trabajo de grado presentado para optar por el título de Ingeniera Química

Directora (s)

Carla Stephanny Cárdenas Bustos

Ingeniera Química, Microbióloga. Msc.

Ana María Rosso Cerón

Ingeniera Química. Ph, D.

Línea de Investigación

Energía sostenible

Grupo de Investigación en Ingeniería Química.

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

PAMPLONA NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA

2022

“Todo lo que es o fue comenzó siendo un sueño”

-Lava Girl

*Este trabajo se lo dedico a mi familia en especial a mis sobrinas Scarlett y Salome por día a día
brindarme las ganas de vivir.*

Agradecimientos

Agradezco a Dios por ser mi guía y permitirme ser una mujer de ciencia.

Agradezco a mis padres Juan Ortiz y Edelmira Florez por hacer todo a su alcance para que yo llegue a la meta de este sueño que poco a poco se hace realidad y por quienes siempre daré mi mayor esfuerzo.

Agradezco a mis hermanas Martha Florez y Lendy Ortiz por animarme en los peores momentos, brindarme su amor y apoyo incondicional.

Agradezco a mis tutoras Ana Rosso y Carla Cárdenas por su apoyo, paciencia, conocimiento y experiencia que permitieron que este trabajo fuese posible.

Agradezco a mi pareja Edwin Acevedo por darme animo y apoyo durante el desarrollo del proyecto.

Agradezco a la universidad de Pamplona por permitirme desarrollar el amor por la Química y el afán de aprender.

Por último, agradezco a mis amigos de la universidad con quienes compartí momentos de risas, lagrimas, frustraciones y sueños, especialmente a: Danna Cabeza, Alejandra Parra, Yucely Nevado, Andrew Sierra, Carlos Anaya y José Sánchez.

IMPACTOS

Relacione el (los) impacto(s) que presentó el Trabajo de Grado

IMPACTO	PRODUCTO	BENEFICIARIO(S)
Científico	*Estimación de la demanda de energía para la producción de electricidad y calor en zona de alta montaña. *Formación de un ingeniero Químico en el área de energía. *Tesis de grado en ingeniería química: Documento final y adquisición de conocimientos	Comunidad científica nacional e internacional. Los encargados de la planificación energética del país. Actores involucrados en el sector energético en Colombia. Estudiante de ingeniería química
Tecnológico	La demanda de energía puede ser usada como herramienta para la toma de decisiones de planificación energética con el fin de seleccionar alternativas energéticas sostenibles para hacer coincidir el suministro energético futuro con la demanda.	Los encargados de la planificación energética del país Actores involucrados en el sector energético en Colombia Habitantes de los casos de estudio o las zonas beneficiadas
Técnico	Informe técnico final: Documento con informe para el macroproyecto “Desarrollo de una herramienta metodológica computacional y tecnologías de energías renovables para la transición energética en zonas de alta montaña en condiciones de post-pandemia”	Los encargados de la planificación energética del país Actores involucrados en el sector energético en Colombia

Ambiental	El proyecto contribuirá a la toma de decisiones de política energética para los dos casos de estudios, además de ayudar en la planificación de que tecnologías de conversión de energía renovables se pueden aplicar en estas zonas o casos con características similares.	Los encargados de la planificación energética del país. Actores involucrados en el sector energético en Colombia. Habitantes de los casos de estudio.
------------------	--	---

***Incluir los productos obtenidos derivados de la investigación como: apropiación social del conocimiento, generación de nuevo conocimiento entre otros.**

RESUMEN

El desarrollo socioeconómico y ambiental de los países y sus regiones se relaciona con el acceso a energía, sugiriendo que la energización es un factor determinante en el desarrollo sostenible, por lo que resulta importante la transición energética hacia fuentes no convencionales de energía renovable, para lograr dicha transición como requisito previo para la planificación de sistemas de energía se hace necesario contar con el pronóstico de la demanda de energía (electricidad y calor), es decir la predicción de la demanda en el futuro, por tal motivo el presente proyecto incluye la estimación de la demanda de energía para la electrificación y suministro de calor con proyección al año 2040 para dos casos de estudio del páramo de Santurbán empleando el software LEAP que permite monitorear el consumo y simular para modelar planes de generación y expansión de capacidad en el sector eléctrico, Además este proyecto se encuentra enmarcado como una de las etapas del proyecto “Desarrollo de una herramienta metodológica computacional y tecnologías de energías renovables para la transición energética en zonas de alta montaña en condiciones de post-pandemia” que resulto financiable en la convocatoria 890 de Minciencias para fortalecer las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación en instituciones de Educación Superior (IES) públicas.

Palabras Claves: *Demanda, Energía Renovable, LEAP, Paramo de Santurbán, Prospectiva Energética.*

ESTIMATION OF THE DEMAND FOR ELECTRICITY AND HEAT WITH PROJECTION TO THE YEAR 2040 FOR TWO CASE STUDIES OF THE PÁRAMO DE SANTURBÁN.

ABSTRACT

The socioeconomic and environmental development of countries and their regions is related to access to energy, suggesting that energization is a determining factor in sustainable development, for which the energy transition towards non-conventional sources of renewable energy is important, in order to achieve said transition as a prerequisite for the planning of energy systems, it is necessary to have the forecast of the demand for energy (electricity and heat), that is, the prediction of the demand in the future, for this reason the present project includes the estimation of the energy demand for electrification and heat supply with a projection to the year 2040 for two case studies of the Santurbán páramo using the LEAP software that allows monitoring consumption and simulating to model generation plans and capacity expansion in the electricity sector. In addition, this project is framed as one of the stages of the project "Development of a computational methodological tool and renewable energy technologies for the energy transition in high mountain areas in post-pandemic conditions" that was financed in the 890 call for Minciencias to strengthen scientific, technological and innovation capacities in Higher Education institutions (HEIs) public.

Key Word: *Demand, Renewable Energy, LEAP, Santurbán paramo, Energy prospects.*

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	12
3. OBJETIVOS.....	14
3.1. Objetivo general	14
3.2. Objetivos Específicos	14
4. MARCO REFERENCIAL	15
4.1. Antecedentes Internacionales.....	15
4.2. Antecedentes Nacionales.....	17
5. MARCO TEORICO	18
5.1. Planificación energética y desarrollo sostenible.....	18
5.2. Eficiencia Energética.	19
5.3. Modelos de planificación energética.....	20
5.4. Herramientas para la estimación de energía.	21
6. METODOLOGÍA	22
6.1. Selección de los casos de estudio en el páramo de Santurbán.....	22
6.2. Recolección de información secundaria de consumo de energía	22
6.3. Recolección de información primaria de consumo de energía.....	24
6.4. Selección de los escenarios para la prospectiva	30
6.5. Prospectiva de la Demanda de energía.....	31
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	32
7.1. Selección de los casos de estudio en el páramo de Santurbán.....	32
7.2. Recolección de información secundaria de consumo de energía	33
7.3. Recolección de información primaria de consumo de energía.....	44
7.4. Selección de los escenarios para la prospectiva	64
7.5. Prospectiva de la demanda de energía	66
8. CONCLUSIONES.....	80
9. RECOMENDACIONES.....	81
10. REFERENCIAS	82
11. APENDICES	85

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo sostenible busca el balance entre el crecimiento económico, la protección ambiental y el bienestar de la sociedad, en donde se satisfagan las necesidades que se tienen en el presente sin poner en riesgo las necesidades de las generaciones futuras. La producción y consumo de energía en el mundo juega un papel importante en diversos problemas de sostenibilidad, como el agotamiento de recursos y el cambio climático, por lo tanto la transición energética se hace necesaria para cumplir con los objetivos que se propone el desarrollo sostenible, de esta forma sustituir los energéticos no renovables y contaminantes por fuentes renovables y hacer un mayor aprovechamiento de la energía en su uso final; además el desarrollo de nuevas fuentes de producción de energía, así como su acceso abren las posibilidades de inversión, investigación y desarrollo de la economía de los países, reduciendo las brechas económicas.

La eficiencia energética hace referencia a la relación entre la energía aprovechable y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética, para mejorar dicha eficiencia se debe tener en cuenta los modelos de gestión energética, estos modelos se clasifican en dos corrientes, *top-down* (arriba hacia abajo) y *bottom-up* (abajo hacia arriba) (Vanegas López & Cataño Rojas, 2012). Los métodos basados en los modelos de tipo bottom-up usualmente utilizan información específica de las viviendas, como: la ubicación de las residencias, propiedades técnicas de equipo y electrodomésticos, consumo individual de algunos de los dispositivos eléctricos típicamente usados, horarios de uso, características del clima, entre otros datos, este tipo de metodología garantiza generar un alto nivel de detalle porque se puede calcular la demanda tanto en un grupo pequeño de viviendas como en hogares individuales, encontrar el consumo basándose en datos

históricos, cuantificar de forma precisa la evolución de la demanda y permite simular el impacto de la discontinuidad de algunas tecnologías (SEPSE, 2019).

La prospectiva energética tiene el objetivo de ser un instrumento al momento de realizar una planeación energética, donde ofrece información como el estado actual del sistema energético, la demanda, muestra posibles escenarios y sirve como punto de apoyo al momento de tomar decisiones; un requisito para una adecuada planificación de un sistema de energía es la demanda de electricidad, es decir la predicción de la demanda de energía en el futuro (Nieves et al., 2019). La demanda de energía residencial en un área urbana y rural consiste en refrigeración, calefacción, electricidad y la carga de combustible.

El objetivo principal de este proyecto es estimar la demanda de electricidad y calor residencial con proyección al año 2040 para dos casos de estudio del páramo de Santurbán, caracterizando la demanda energética del sector residencial de los municipios de Chitagá y Pamplona, empleando el software LEAP (long-range energy Alternatives Planning System), el cual permite evaluar la demanda energética a través de escenarios que integran diferentes cambios tecnológicos y políticas energéticas, este proyecto contribuirá a la toma de decisiones de política energética para los dos casos de estudio.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La energización es un factor importante para el desarrollo de los países y las comunidades, concebida como soporte a las actividades productivas, domésticas y comerciales, determinando el desarrollo socioeconómico y ambiental de todos los países. Sin ella, los servicios se ven seriamente afectados como los establecimientos médicos y educativos; la energía hace posible las inversiones, la innovación y las nuevas industrias que determinan el crecimiento de la economía. Según el Banco Mundial en la actualidad aproximadamente 1000 millones de personas aún viven sin electricidad (Banco mundial, 2020). En Colombia hay comunidades que están apartadas geográficamente y son zonas que presentan diversos problemas para acceder a los servicios básicos, como el agua potable, saneamiento, educación, salud, comunicación y electricidad, estas falencias repercuten a su calidad de vida, aportando al aumento de la pobreza y a la falta desarrollo. Adicionalmente, en Colombia, se estima que alrededor del 70% de la población vive a alturas superiores de los 1000 msnm, en el que el 36% de los municipios tiene territorio en ecosistemas de páramos (Ministerio de Ambiente, 2021) en dónde la demanda de electricidad se acompaña de una demanda de calor para adecuación de ambientes, suministro de agua caliente, entre otras aplicaciones.

La producción de energía a nivel mundial depende de los energéticos tradicionales, el petróleo, carbón, gas natural y un pequeño porcentaje de las energías renovables; en el año 2020 se consumieron en el mundo 556,63 exajulios de energía (bp, 2021), los cuales están representados principalmente por la quema de combustibles fósiles, estos son fuentes de energía no renovables limitados y tienen un gran impacto ambiental aportando tres cuartas partes de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (Ritchie et al., 2020), además tienen un costo para la salud humana, pues al menos cinco millones de las muertes se atribuyen a la contaminación del aire cada

año. Por lo tanto, es importante plantear estrategias para reducir el consumo de energía, hacer los procesos más eficientes y que se dé una transición de los combustibles fósiles a una combinación de energía dominada por fuentes de energía bajas en carbono como las energías renovables.

Un requisito previo para la planificación de sistemas de energía es el pronóstico de la demanda de electricidad, que es la predicción de la demanda de energía en el futuro, este es un componente importante a la hora de la gestión del sistema eléctrico, porque ayuda a tomar decisiones, a reducir los costos de generación y aumenta la confiabilidad del sistema eléctrico (Nieves et al., 2019).

Por lo anterior, esta investigación se centra en estimar la demanda de electricidad y calor en dos casos de estudio del páramo de Santurbán, los municipios de Chitagá y Pamplona, Norte de Santander con año base 2018 hasta el año 2040, con el fin de aportar información para cuando se requiera planificar a mediano o largo plazo ejecutar proyectos de energía en esas zonas y los resultados de esta investigación se puedan usar posteriormente como datos de entrada para que contribuya en la toma de decisiones o planificación de que tecnologías de conversión de energía renovables se pueden aplicar en estas zonas. Asimismo, este proyecto hace parte del macroproyecto “Desarrollo de una herramienta metodológica computacional y tecnologías de energías renovables para la transición energética en zonas de alta montaña en condiciones de post-pandemia” que se presentó entre las universidades, Universidad Industrial de Santander, Universidad Nacional abierta y Distancia, Unidades Tecnológicas de Santander y la Universidad de Pamplona, en la convocatoria 890 para el fortalecimiento de CTEI en instituciones de educación superior (Minciencias, 2020), ante el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias), que ha realizado varias convocatorias de proyectos enfocados con energía durante los últimos años.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Estimar la demanda de electricidad y calor con proyección al año 2040 en dos casos de estudio del Páramo de Santurbán empleando el software LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System).

3.2. Objetivos Específicos

Seleccionar dos casos de estudio en el páramo de Santurbán para la proyección de la demanda de energía.

Recolectar información primaria y secundaria de consumo de energía para los últimos 10 años en los casos de estudio.

Establecer tres escenarios de prospectivas de la demanda de electricidad y calor para dos casos de estudio.

Realizar la simulación de los escenarios de demanda de electricidad y calor hasta el año 2040 empleando el software LEAP.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. Antecedentes Internacionales

Dentro de los referentes teóricos internacionales está un estudio realizado por (Y. Huang et al., 2011), en Taiwán, denominado “El pronóstico a largo plazo de la oferta y la demanda de energía de Taiwán: aplicación del modelo LEAP”, en el cual se compararon los patrones futuros de oferta y demanda de energía, así como las emisiones de gases de efecto invernadero para varios escenarios alternativos de política energética y evolución del sector energético; dentro de este artículo se describió el ensamblaje de una primera versión del modelo LEAP de Taiwán y se usó para contrastar la demanda de energía con los escenarios: BAU el cual asumía las tendencias actuales y los planes gubernamentales, GOV donde se mejoraba la eficiencia energética en más del 2% anual hasta el año 2025, FIN que asumía los efectos negativos de largo alcance del tsunami financiero en el crecimiento económico de Taiwán, RET el cual suponía que las tres plantas de energía nuclear existentes se retiran antes de lo programado, sin ser reemplazadas y el escenario ALL el cual es la combinación de los 3 anteriores. Como resultado se encontró que en el caso del escenario RET tiene un gran impacto negativo en el suministro de energía y como consecuencia un aumento en la necesidad de carbón, aumentando las emisiones de CO₂; los demás escenarios dan como resultado una demanda de energía significativamente reducida para el año 2030 y el escenario FIN tiene menos efecto sobre el consumo de energía que los casos ALL o GOV lo que indico que un menor crecimiento económico tendría menos efecto sobre la demanda de energía que las políticas agresivas para cambiar los patrones de comportamiento del consumo de energía (Y. Huang et al., 2011).

Otro estudio relacionado con la demanda de energía es el realizado por (Mirjat et al., 2018) en Pakistán, titulado “Pronóstico de la demanda de electricidad a largo plazo y escenarios del lado de la oferta para Pakistán (2015-2050): una aplicación del modelo LEAP para el análisis de políticas” en donde desarrollan el marco de modelado LEAP, es decir el sistema de planificación de alternativas de modelado de Pakistán para el periodo 2015-2050, pronosticando la demanda de electricidad por medio de cuatro escenarios del lado de la oferta: Escenario de referencia (REF), escenario de tecnologías de energías renovables (RET), escenario de máximo carbón limpio (CCM) y escenario de eficiencia energética y conservación (EEC), los resultados del modelo determinaron que la demanda de electricidad para el año 2050 es de 1706,3 TWh, con una tasa de crecimiento anual del 8,35%, 19 veces mayor a la demanda del año base 2015. Los escenarios del lado de la oferta son una predicción de lo que el futuro puede deparar para el sector energético de Pakistán en términos de generación, capacidad instalada, emisiones de CO₂ y costo, los resultados del estudio demostraron que el escenario de referencia falla en satisfacer la necesidad de electricidad por medios sostenibles de generación, en cambio los escenarios RET Y CCM son eficientes pero costoso, sin embargo el escenario RET requeriría mayor capacidad instalada debido a un menor factor de capacidad y problemas de disponibilidad, mientras que el CCM requiere menos capacidad instalada debido a la mejora de eficiencia de las tecnologías modernas, por último el escenario más adecuado es el EEC porque está sujeto a las medidas de eficiencia y conservación de energía, en conclusión este escenario requeriría una menor generación y capacidad instalada (Mirjat et al., 2018)

En Ecuador también se realizó un estudio usando el modelo LEAP para prospectiva energética realizado por (Fontalvo et al., 2018), denominado “Prospectiva de autogeneración en el Ecuador mediante uso de modelo LEAP” donde se presenta una metodología para proyectar el potencial de

autogeneración de energía mediante el uso de paneles fotovoltaicos en los sectores industrial, residencial, comercial, mixto y otros; la introducción de la tecnología de autogeneración se realizó con un horizonte hasta el año 2050, tomando como año base el 2013, mediante el uso del software LEAP se estimó la demanda energética durante dicho periodo, como resultado se obtuvo que para el año 2050 aproximadamente el 17% de la capacidad instalada estaría representada por sistemas de autogeneración fotovoltaica, cubriendo cerca de 5,7% de la demanda de electricidad total (Fontalvo et al., 2018).

4.2. Antecedentes Nacionales

Un estudio destacable en Colombia es el realizado por (Nieves et al., 2019), en conjunto con la Unidad de Planeación Minero Energética- UPME y la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, denominado “Análisis de demanda de energía y emisiones de gases de efecto invernadero en Colombia: aplicación del modelo LEAP” en donde se analizó la demanda de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero que se producen en Colombia, este estudio se realizó empleando el software Long-Range Energy Alternatives Planning System – LEAP, por medio de la construcción de un modelo con base en el año 2015 y con dos escenarios futuros (positivo y negativo), dicho modelo fue extrapolado hasta los años 2030 y 2050 para obtener las predicciones futuras de los sectores económicos del país: sector terciario, vivienda, industrial y transporte. El escenario negativo se caracterizó por un bajo crecimiento económico y pocos cambios tecnológicos, lo que se traduce en un bajo crecimiento de la eficiencia energética, así como de una baja sustitución de energías derivadas del petróleo. En cambio, el escenario positivo se caracteriza por un mayor crecimiento económico de los sectores y de un acelerado cambio de tecnologías, lo que permite mayores niveles de eficiencia en el uso final de la energía (Nieves et al., 2019).

5. MARCO TEORICO

5.1. Planificación energética y desarrollo sostenible.

Las condiciones económicas de los países y la calidad de vida de sus ciudadanos están fuertemente influenciadas por la energía, en la actualidad los países preocupados por el medio ambiente buscan la forma de transición energética en donde se implementen nuevas fuentes de energía para obtener ventajas como energía a bajo costo y con bajo impacto ambiental, en el caso de los países en desarrollo el acceso a la electricidad suele ser limitado (Bhattacharyya, 2012), por lo tanto, se buscan alternativas para que la electrificación se dé fuera de la red, donde las energías renovables se utilizan de forma individual o combinada junto a las basadas en combustibles fósiles.

Asimismo, toda estrategia de solución para promover el acceso a la energía debe considerar varias dimensiones como la técnica económica, sociopolítica, ambiental, financiera, entre otras. En efecto, los marcos de planificación de políticas energéticas y climáticas son importantes en la búsqueda de vías energéticas limpias y eficientes (Alizadeh et al., 2020). Como herramienta para la toma de decisiones la planificación energética puede diferir dependiendo de las circunstancias, sin perder su finalidad de seleccionar alternativas energéticas sostenibles para hacer coincidir el suministro energético futuro con la demanda, aun así, su implementación se ve afectada por diversos factores como el nivel de desarrollo de un país, las políticas, el mercado energético, entre otros (van Beeck et al., 2000).

Por otra parte, las decisiones sobre políticas y planes energéticos deben basarse en el análisis de una serie de posibles escenarios energéticos y su interpretación impulsa a la elección de decisiones adecuadas para la planificación energética, en este contexto, Iribarren (Iribarren et al., 2020) propuso en su trabajo el uso combinado de *Life Cycle Assessment* (ciclo de vida), cálculo de

externalidades, modelización de sistemas energéticos y análisis dinámicos evolutivos de datos para priorizar escenarios energéticos prospectivos, para fines ilustrativos y de demostración.

Asimismo, en Colombia el grupo de investigación en el sector energético colombiano (GRISEC) de la Universidad Nacional junto con la Unidad de Planeación Minero Energético (UPME) (Universidad Nacional, 2017), desarrollan el proyecto titulado “Identificación de los elementos y requisitos mínimos necesarios para la formulación, estructuración e implementación de un observatorio de energía que recopile y analice información que conduzca a oportunidades de innovación para lograr los objetivos del pen 2050”, con el objetivo de recopilar, difundir y vigilar tendencias de las tecnologías, políticas, programas y aspectos de interés para apoyar la toma de decisiones en política pública energética, configurar escenarios de largo plazo, que permitan el fortalecimiento del sector energético en el ámbito de la transición energética y cumplir con los escenarios energéticos del país, permitiendo incluir varias entidades como industrias, centros de desarrollo, entre otros.

5.2. Eficiencia Energética.

La eficiencia energética agrupa diversas acciones tanto del lado de la demanda como de la oferta, permitiendo la mejora de la seguridad del suministro de energía, ahorro en el consumo y en la economía en general; esta tiene el objetivo de mantener el servicio que ofrece reduciendo al mismo tiempo la cantidad de energía que consume, por medio de la incorporación de mejores hábitos de uso y mejores tecnologías (Poveda, 2007). También hace referencia al cambio del consumo de energía en función del empleo de tecnologías o aparatos mas eficientes, es decir, ofrecen mayor número de servicios, consumiendo la misma cantidad de energía o ofrece los mismos servicios, utilizando una cantidad menor de energía (International Energy Agency, 2015).

5.3. Modelos de planificación energética.

Uno de los desafíos actuales es predecir la demanda de energía de la comunidad, pero existen métodos y herramientas para la simulación y el diseño de sistemas de energía que ayudan a la predicción de la demanda de energía, evaluación de recursos de energía renovable y optimización del sistema energético, los dos modelos de planificación que se usan son:

Top-down (arriba-abajo): El método de arriba hacia abajo utiliza la política superior para promover la implementación de medidas de ahorro de energía. Las políticas energéticas se pueden clasificar en guía de planificación, sistema de calificación, sistema de indicadores y sistema de normas nacionales o locales, estos estándares y guías se basa en la experiencia acumulada de la práctica de muchos proyectos y datos estadísticos. En un esquema de arriba hacia abajo, los planificadores se refieren a la información de otras comunidades o ciudades y luego hacen una guía y las medidas correspondientes para el área de planificación. Por tanto, este modelo puede considerarse un método "exógeno" (Z. Huang et al., 2015).

Los métodos tipo *top-down* definen el sector residencial como un sumidero de energía y no distinguen los usos finales individuales de los equipos disponibles en las residencias, además utilizan una aproximación matemática de la demanda eléctrica en un área específica usando mediciones históricas (SEPSE, 2019).

Bottom-up (abajo-arriba): El modelo ascendente contiene principalmente módulos de demanda de energía, módulos de recursos energéticos disponibles y módulos de tecnologías de conversión de energía, se centra en la previsión de carga, la evaluación de los recursos energéticos disponibles y el método de optimización del sistema (Z. Huang et al., 2015). Los métodos de tipo bottom-up utilizan información específica de las viviendas (uso de cada equipo eléctrico, número de

habitantes, entre otros) para definir la curva de demanda de cada uno de los equipos, estos métodos extrapolan los datos obtenidos a un nivel regional o nacional utilizando los datos de las viviendas (SEPSE, 2019)

5.4. Herramientas para la estimación de energía.

Para analizar la integración de las energías renovables existen diferentes herramientas informáticas, Connolly et al (2010) realizaron una revisión de las herramientas informáticas para analizar la integración de las energías renovables en varios sistemas energéticos, entre ellas se encuentran: HOMER Energy, software que brinda una optimización tecno económica para sistemas autónomos, BALMOREL es una herramienta de calefacción urbana y electricidad de código abierto, AEOLIUS es una herramienta de simulación de despacho de centrales eléctricas, EMPS herramienta que ayuda a la evaluación y análisis de sistemas eléctricos con generadores térmicos/hidroeléctricos, energyPRO herramienta para la evaluación tecno económica de un solo proyecto, RETScreen, MARKAL/TIMES, ENPEP-BALANCE, LEAP, entre otras más.

Para la estimación energética de electricidad y calor para dos casos de estudio del páramo de Santurbán, se seleccionó la herramienta LEAP, porque es utilizada por el ministerio de minas y energía en Colombia para analizar el sistema energético nacional; LEAP es un software libre y gratuito de modelamiento a largo y corto plazo que soporta metodologías *bottom-up* y *top-down*, sin embargo suele trabajar más con los modelos de tipo *bottom-up*; LEAP es utilizado para proyectar el consumo de energía, la producción y extracción de recursos en todos los sectores de una economía. La herramienta funciona utilizando un intervalo de tiempo anual y el horizonte temporal puede extenderse por un número ilimitado de años para modelar planes de generación y expansión de capacidad en el sector energético (Connolly et al., 2010).

6. METODOLOGÍA

6.1. Selección de los casos de estudio en el páramo de Santurbán

Para la selección de los casos de estudio se escogen cinco municipios del departamento Norte de Santander, teniendo en cuenta ciertas características importantes, principalmente que se encontraran ubicados en el páramo de Santurbán y cerca de la sede principal de la Universidad de Pamplona, dichos municipios fueron: Pamplona, Chitagá, Cácuta, Mutiscua y Pamplonita. A cada municipio se le realizó una búsqueda y revisión de información en distintas bases de datos, como en el Sistema de Información Eléctrico Colombiano-SIEL de donde se obtuvo informes de la cobertura de energía eléctrica de cada municipio, su proveedor y número de usuarios, del Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios SUI, se obtuvo información sobre el consumo de energía eléctrica y gas natural promedio anual y suscriptores de cada uno de los municipios, adicionalmente se usó base de datos como el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE en búsqueda de la población de cada posible caso de estudio.

6.2. Recolección de información secundaria de consumo de energía

Para la recolección de información secundaria para los dos casos de estudio se realizó una búsqueda en diversas fuentes de información como es la Unidad de Planeación Minero Energética-UPME donde se encontraron datos de proyección de demanda de energía eléctrica con año base del 2018, en la base de datos Sistema Único de información de servicios Públicos domiciliarios - SUI se descargaron los datos de número de suscriptores y consumo de energía eléctrica en kWh de los últimos 10 años para los municipios de Chitaga y Pamplona, de igual forma se obtuvieron los datos de consumo de gas natural anual para ambos municipios en megatoneladas cubicas Mt^3 , Adicionalmente se obtuvieron los datos de consumo promedio anual por suscriptor en la base de

datos SUI, por medio de la herramienta O3, la cual brinda información actualizada y tomada del Sistema Único de Información, sistema en el que reposa la información reportada y certificada por los prestadores de servicio de energía eléctrica conforme a la normativa vigente. También se consultó la plataforma del Departamento Administrativo nacional de Estadística – DANE de donde se obtuvo las proyecciones de población municipal para el periodo 1985-2018, además de las estimaciones de crecimiento poblacional departamental porque las tasas de crecimiento poblacional para los casos de estudio es un dato que no está disponible.

En esta etapa se sintetizo y ordeno la información necesaria para modelar de forma adecuada la demanda de energía de los dos casos de estudio. En la Tabla 1 se muestra el tipo de información, las plataformas y documentos consultados.

Tabla 1. Información recolectada.

Información	Fuente
Proyección de la población	(DANE, 2018c)
Tasa de crecimiento poblacional departamental	(DANE, 2018b)
Población Total año base 2018	(DANE, 2018a)
Miembros por hogar 2018	(DANE, 2018a)
Cantidad de hogares con acceso a energía Eléctrica (urbano y rural)	(SIEL, 2018)
Cobertura de electrificación	(SIEL, 2018)
Consumo de electricidad (kWh)	(SUI, 2003a)
Consumo de Gas Natural	(SUI, 2003b)

6.3. Recolección de información primaria de consumo de energía

Para la obtención de información primaria sobre consumo de energía en las zonas de estudio seleccionadas, Chitagá y Pamplona, se hace necesario interactuar de manera directa con el usuario, a través de encuestas con el objetivo de caracterizar el consumo de energía en el sector residencial urbano y rural mediante la metodología probabilística.

Las encuestas se realizaron a una muestra representativa que refleja las semejanzas y diferencias de la población, reuniendo las características de la población que son importantes para la investigación, los elementos de la muestra se eligieron de tal forma que los resultados que se observaron dentro de ella se pueden generalizar al resto de la población teniendo en cuenta el tamaño de la muestra y las condiciones de selección de esta.

La técnica de encuesta se puede establecer mediante ciertas etapas:

- *Definición de las variables:* la definición adecuada de las variables permite determinar los puntos de información permitiendo desarrollar las preguntas adecuadas para el cuestionario.
- *Selección de la muestra:* La idoneidad de la muestra seleccionada dependerá de su representatividad, en caso de que no sea representativa se conoce como población sesgada, para su selección se tienen en cuenta las técnicas de muestreo, entre las más usadas se encuentran: muestreo aleatorio simple, muestreo aleatorio estratificado, muestreo por conglomerados y muestreo sistemático con arranque aleatorio.
- *Diseño del cuestionario:* Es el instrumento básico usado dentro de la investigación, pues es el documento que recoge información de forma organizada; su objetivo es traducir variables sobre las que se desea información, por medio de preguntas concretas capaces de respuestas fiables, válidas y susceptibles de ser cuantificadas.

6.3.1. Variables

Como variable de estudio se tiene en cuenta el consumo de energía eléctrica promedio anual en kWh, potencia en W, en caso de generación de calor se tiene en cuenta la fuente que se usa: gas natural m³, gas propano lb y leña en Kg.

6.3.2. Población y Muestra

La población objeto de estudio está conformado por la población de los municipios de Chitagá y Pamplona, por razones de tiempo, coste y complejidad de recolección de información, se decide trabajar con muestras, para ello se hace necesario escoger una técnica de muestreo que asegure que los individuos que componen la muestra sean representativos de la población, según las características de la población la cual es amplia y que las unidades muestrales no son elementos individuales sino grupo de elementos, se opta por una metodología probabilística que ofrece mejor oportunidad de crear una muestra representativa de la población, mediante la técnica de muestreo aleatorio sistemático.

6.3.3. Muestreo

El muestreo sistemático se emplea si se conoce cuántos elementos componen una población, el método consiste en tomar cada k elementos de una lista que contiene todos los elementos de una población, eligiendo al azar el primer elemento de la muestra. Para determinar el valor k se realiza el cociente entre el tamaño de la población N y el tamaño de la muestra. (Cantoni Rabolini, 2009)

Teniendo en cuenta el método de muestreo usado por Dávila (Dávila, 2018) y Françoise (Françoise, 1992), se hace uso de imágenes de satélite de cada municipio en el que se muestran la distribución de los barrios y casas que son las unidades muestrales para así realizar una selección sistemática por medio de una cuadrícula de puntos, entonces se extrae el criterio principal de

muestreo sistemático para que en función del tamaño de la muestra y el área principal de la población, sea posible determinar la amplitud del salto sistemático y construir una cuadrícula sobre la base de esta longitud, El elemento inicial se fija al azar porque el muestreo sistemático con un punto de inicio aleatorio es superior al muestreo aleatorio bajo la condición razonable de que la correlación espacial sea una función decreciente de la distancia (Gallego, 2005) y cada unidad muestral tiene la misma posibilidad de ser escogida, de esta forma el salto sistemático es aleatorio, por lo que se puede aplicar los cálculos desarrollados para los muestreos equiprobables.

6.3.4. Tamaño de la muestra

Para el cálculo estadístico se usa la siguiente relación correspondiente a un muestreo aleatorio sabiendo que se tiene una población finita:

$$n = \frac{Z^2 p N q}{e^2 (N - 1) + Z^2 p q} \quad (1)$$

Donde:

N: Tamaño total de la población (# Total de viviendas)

Z: Margen de confiabilidad (Se encuentra tabulada)

n: Tamaño de la muestra

p: Probabilidad de ocurrencia en la población

q: Probabilidad de no ocurrencia (1-p)

e: error muestral

La población de los municipios Pamplona y Chitaga están conformadas por 15.527 y 2.972 usuarios o unidades muestrales respectivamente, se estableció un error aceptable de 10% y con

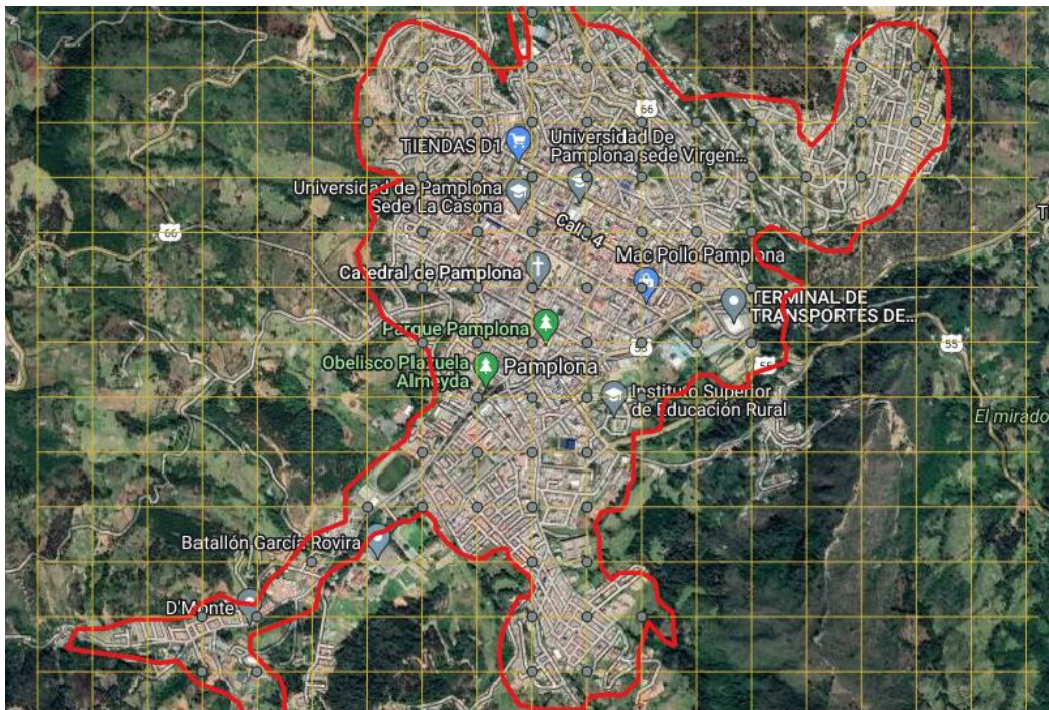
una certeza del 90% se obtiene el valor de confiabilidad con la ayuda de la tabla de apoyo al cálculo del tamaño de la muestra, para un valor del 90% se tienen los siguientes valores de $Z=1,65$; $Z^2=2,72$; $e=0,10$; $e^2=0,01$ (Elías, 2008) , en el caso de la probabilidad de ocurrencia en la población, se considera que el número de encuestas deber ser máximo así que se toma un valor de $p=0,5$ por lo tanto $q=(1-p)$ sería de $q=0,5$, una vez con estos valores se reemplaza en la ecuación 1 y se obtiene el valor n para cada caso de estudio, el tamaño de la muestra de Pamplona es de 68 encuestas y para el municipio de Chitagá es de 66 encuestas, adicionalmente para cada caso de estudio se decidió realizar 10 encuestas más en zonas rurales para obtener información del consumo energético en las veredas.

6.3.5. Espacialización de la Encuesta

Para determinar las viviendas a las cuales se les aplicara la encuesta, se realiza un proceso de selección digital, haciendo uso del software QGIS donde se realiza una cuadrícula a las imágenes satelitales de los municipios de estudio, para ello se tiene en cuenta el salto sistemático, el cual representa la medida o distancia de cada celda de la malla que se genera dentro del programa y se grafica los vértices que corresponden a los puntos donde se aplicaran las encuestas, estas están definidas por coordenadas planas de X y Y .

Dentro del software QGIS se pueden obtener las imágenes satelitales, realizar el mallado y calcular los puntos desde el área requerida tal como se muestra en la Figura 1 del casco urbano del municipio de Chitagá, dentro de la malla se utilizó un salto sistemático de 100 metros, obteniendo como resultado 57 puntos de intersección, con sus respectivas coordenadas.

Para el caso de Pamplona se usó un salto sistemático de 200 metros, obteniendo 76 puntos de intersección, Figura 2.



6.3.6. Diseño del Cuestionario

Se diseña la encuesta en base a la información necesaria para el ingreso a LEAP, como el porcentaje de hogares con servicio de refrigeración y su consumo anual en kWh por hogar, consumo de calor y energéticos empleados para cocinar, calentar agua y consumo de otros artefactos dentro del hogar, entre otras preguntas relacionadas con consumo energético. La encuesta consta esencialmente de 4 módulos: Identificación de la vivienda, ubicación de la vivienda, caracterización de la vivienda e Identificación uso de energía, este último se divide en 5 secciones que son:

1. Iluminación
2. Refrigeración
3. Adecuación de ambiente (Calor)
4. Uso de energía para cocción
5. Uso de energía en aparatos eléctricos y electrónicos.

El propósito de la encuesta es recolectar información de consumo detallado de energía por fuente y uso, pero también se incluyeron preguntas estándar del DANE como la cantidad de personas por hogar para poder llevar a cabo una validación de la información con las estadísticas nacionales y realizar una comparación de los datos relevantes.

La plantilla de la encuesta aplicada se puede observar en el Apéndice A del documento; para el municipio de Chitagá la encuesta se aplicó por medio del cuestionario impreso y en Pamplona se usó la herramienta Google forms, una vez terminadas las encuestas se realizó el proceso de tabulación en la herramienta Excel y análisis de acuerdo con la información requerida por LEAP.

6.4. Selección de los escenarios para la prospectiva

La proyección de energía residencial se realizó hasta el año 2040 porque representa un rango de tiempo adecuado para que Colombia y los municipios de estudio puedan presentar las condiciones de implementar las políticas energéticas necesarias y presentaran cambios demográficos, de esta forma se puede observar el impacto del crecimiento de la población a través del tiempo en los casos de estudio.

La construcción de los escenarios para esta investigación se basó en el crecimiento poblacional histórico del departamento Norte de Santander del periodo 1985-2017 (DANE, 2020) debido a que no hay datos disponibles de tasa de crecimiento poblacional históricos de los casos de estudio; con la información histórica de tasa de crecimiento se halló el promedio y la desviación estándar, con estos datos se construyeron los siguientes escenarios:

6.4.1. Escenario de referencia (REF) o Escenario Promedio

Este escenario de demanda de energía se diseñó a partir de datos recolectados a través de distintas bases de datos y la información recolectada por medio de las encuestas, refleja el estado actual de la demanda de energía, se nombra como escenario promedio porque se construye a partir del dato promedio de la tasa de crecimiento población histórica 1,409 %.

6.4.2. Escenario Alto

El escenario alto está construido en base a una tasa poblacional de 1,915% este valor se obtuvo de la suma del valor promedio de la tasa de poblacional más el valor de la desviación estándar 0,50 donde se espera que el número de hogares crezca a un ritmo de 1,915%.

6.4.3. Escenario Bajo

El escenario bajo está construido en base a una tasa poblacional de 0,905% este valor se obtuvo de la resta del valor promedio de la tasa de crecimiento poblacional menos el valor de la desviación estándar 0,50 donde el número de hogares crecerá a una tasa menor del escenario promedio.

6.5. Prospectiva de la Demanda de energía

Se utilizo la herramienta LEAP para calcular la demanda en el sector residencial para los dos casos de estudio hasta el año 2040 considerando 2018 como año base, LEAP calcula el requerimiento de energía del sector de demanda año a año multiplicando la actividad por la intensidad energética para todos los usos finales, es un modelo de planificación de tipo contable y utiliza el enfoque basado en el uso final.

Se establece el 2018 como año base porque es más seguro encontrar información histórica de consumo de energía y demográficos en años no muy cercanos al año en curso, sin contar que en el año 2018 se realizó el Censo Nacional de Población y Vivienda – CNPV 2018 el cual brinda información importante como datos demográficos y proyecciones de población.

La proyección de energía se realizó hasta el año 2040 porque representa un rango de tiempo adecuado, con este rango de tiempo, Colombia y los municipios de estudio presentarían las condiciones de implementar las políticas energéticas necesarias y tendría cambios demográficos, de esta forma se puede observar el impacto del cambio de la población en el uso de la energía.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

7.1. Selección de los casos de estudio en el páramo de Santurbán.

A partir de los datos recolectados que se muestran en la Tabla 2, se selecciona como casos de estudio los municipios de Chitagá y Pamplona, porque estos municipios cuentan con los datos necesarios para realizar la estimación como es: El consumo promedio de electricidad y gas natural urbano y rural por año, número de suscriptores a los servicios de energía, además de que cuentan con una gran demanda de energía, así como de un gran número de usuarios en comparación con los otros municipios, adicionalmente son de fácil acceso para realizar la recolección de información primaria por medio de encuestas.

Tabla 2. Información Posibles casos de estudio.

Municipio	Pamplona	Chitagá	Cácota	Mutiscua	Pamplonita	Fuente
% territorio páramo	24,20%	0,50%	33,90%	66,80%	4,40%	(Morales-Rivas et al., 2007)
Población año base 2018	45521	10554	2733	3891	4944	(DANE, 2018a)
Población Urbana	41680	3590	878	732	986	(DANE, 2018a)
Población Rural	3841	6680	1855	3159	3958	(DANE, 2018a)
Proveedor servicio eléctrico	CENS-Centrales electricas de Norte de Santander S.A.E.S.P.	CENS-Centrales electricas de Norte de Santander S.A.E.S.P.	CENS-Centrales electricas de Norte de Santander S.A.E.S.P.	CENS-Centrales electricas de Norte de Santander S.A.E.S.P.	CENS-Centrales electricas de Norte de Santander S.A.E.S.P.	(SIEL, 2018)
Número de usuarios energía eléctrica	15527	2972	940	1141	1764	(SIEL, 2018)
Cobertura zona rural	85,60%	84,58%	94,15%	99,54%	97,29%	(SIEL, 2018)

Usuarios zona rural	1311	1366	644	711		(SIEL, 2018)
Cobertura zona urbana	99,55%	97,99%	96,10%	81,26%	98,72%	(SIEL, 2018)
Usuarios zona urbana	14832	1606	296	430		(SIEL, 2018)
Cobertura total de energía eléctrica	99,40%	91,33%	94,76%	87,30%	97,73%	(DANE, 2018a)
Consumo residencial energía eléctrica Año base 2018 (kWh)	15.981.734	1,938,344	559,273	786,800	1,253,183	(SUI, 2003a)
Consumo residencial de Gas Natural año base 2018 (Mt³)	1,368,684	213,408	No disponible	No disponible	No disponible	(SUI, 2003b)

7.2. Recolección de información secundaria de consumo de energía

Los municipios de Chitaga y Pamplona han sufrido cambios en su consumo energético durante los últimos años, a causa de diversos factores como los cambios de tecnologías, variabilidad en los hábitos de consumo, cambios demográficos, factores económicos y sociales e incluso regulaciones gubernamentales, a continuación se presenta una descripción de datos estadísticos obtenidos por medio de sistemas de información como: el Sistema Único de Información- SUI de donde se obtuvieron reportes con la información del consumo de energía eléctrica (SUI, 2003a) y de gas natural (SUI, 2003b) para los últimos 10 años, es importante destacar que esta información corresponde al consolidado de facturación de los servicios que es reportada mensualmente al SUI por los prestadores de servicios públicos mediante las etiquetas de usuarios residenciales y usuarios

no residenciales en donde se incluyen los sectores industriales, comerciales, oficiales y otros. Del Censo Nacional de Población y vivienda -CNPV 2018 (DANE, 2018a) se obtuvo información como el número de habitantes, su distribución, número de hogares del municipio y promedio de personas por hogar. La información obtenida por medio de las bases de datos nacionales permiten tener una mejor comprensión del comportamiento de consumo energético en el sector residencial, industrial y comercial de los casos de estudio.

7.2.1. Caso Chitagá

En la Figura 3 se muestra el consumo de electricidad anual Residencial en Chitagá, comprendido entre los años 2012 y 2021. Durante los primeros años del rango de estudio el consumo anual es menor y su cambio es pequeño, a partir del 2019 se presenta un aumento en el consumo de energía del municipio, esto posiblemente se habría debido a la pandemia Covid-19 causada por el coronavirus en donde los habitantes del país permanecían mayor tiempo en sus hogares.

El consumo no residencial de los últimos 10 años se puede observar en la Figura 4 en donde esta segregado para los sectores residencial, comercial, oficial y otros, de los cuales sobresale el sector otros y comercial por presentar mayor consumo de energía eléctrica en comparación con los otros sectores. La Figura 5 muestra la variación del consumo total no residencial en el periodo 2012-2021.

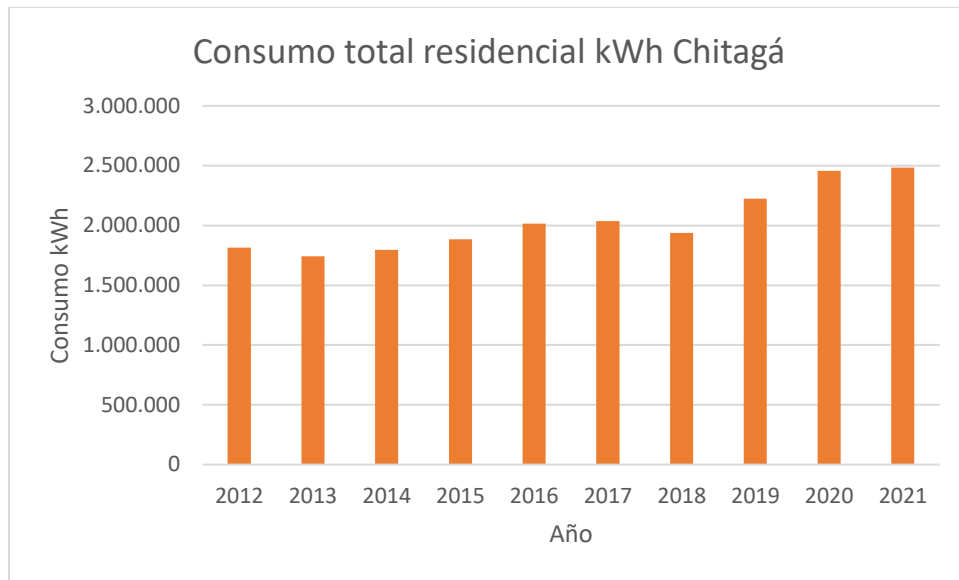


Figura 3. Consumo Total anual Residencial Chitagá periodo 2012-2021.

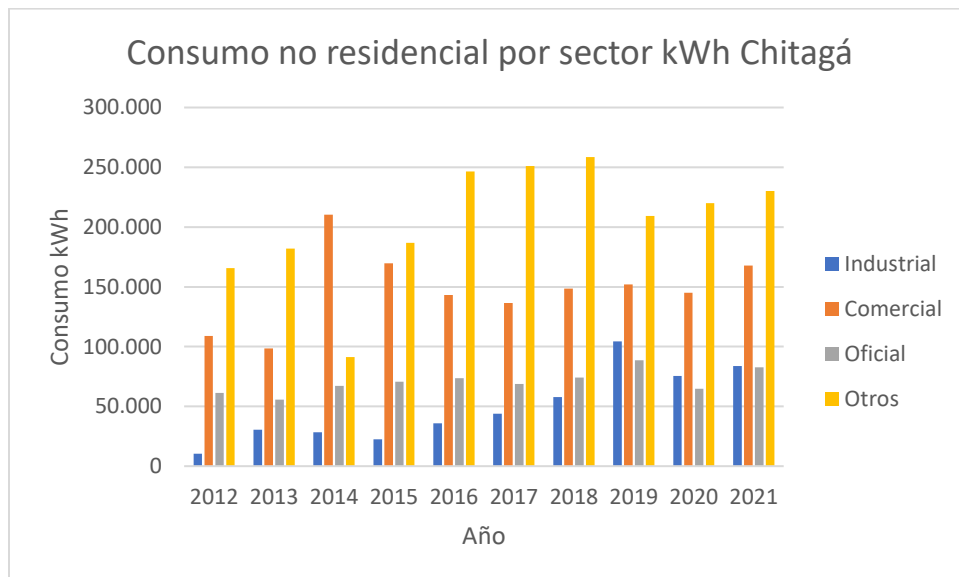


Figura 4. Consumo no residencial por sector, Chitagá periodo 2012-2021.

El consumo de energía eléctrica no residencial en los años 2012 a 2019 tal como se observa en la Figura 5, presento un crecimiento lineal y notable, pero bajo su consumo en el año 2020, esto también se podría explicar a causa de la pandemia por covid-19, donde los colegios, algunas

entidades públicas e industrias debieron trasladar sus actividades hacia la virtualidad, ocasionando una disminución en el consumo no residencial y un aumento en el consumo residencial.

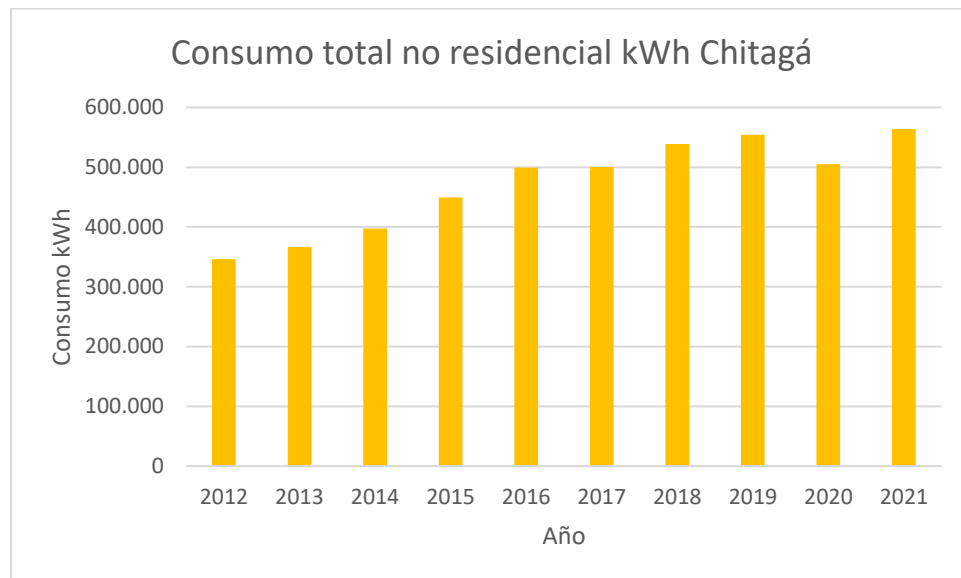


Figura 5. Consumo Total no residencial municipio de Chitagá periodo 2012-2021.

Al comparar el consumo de los sectores residencial y no residencial, resalta que el consumo residencial es casi 5 veces superior al no residencial, mostrando que en Chitagá el sector industrial no es una actividad principal dentro del municipio, por lo que los esfuerzos en desarrollo de energía deberán centrarse en la zona residencial.

En términos de generación de calor para el municipio de Chitagá la mayoría de la población del casco urbano tiene acceso a gas natural y es este energético usado para la cocción de alimento y calentamiento de agua, el prestador del servicio de gas natural es Gases del Oriente S.A. y en la Figura 6 se muestra cómo ha cambiado a través de los años el consumo residencial en Mt^3 dentro del municipio desde el 2014 hasta el año 2021 su consumo se caracteriza por un crecimiento lineal a través de los años, esto debido a varios factores principalmente al aumento de suscriptores al servicio público.

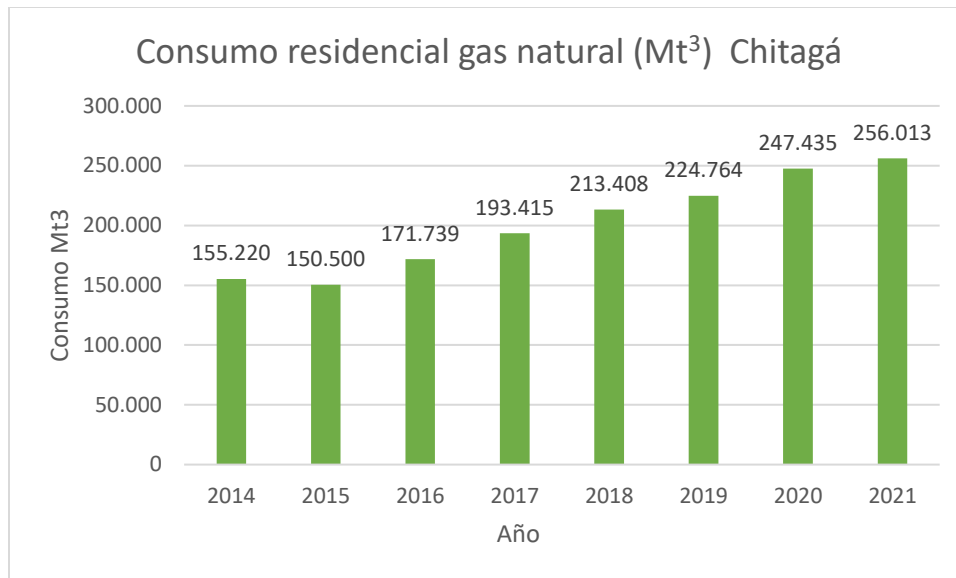


Figura 6. Consumo de Gas Natural residencial de Chitagá periodo 2014-2021.

En la Figura 7 se muestra el consumo de gas natural del sector no residencial que solo corresponde al sector comercial para el cual era el único con información disponible dentro de la base de datos SUI desde el 2015 hasta el año 2021, principalmente porque el municipio de Chitagá empezó a tener acceso a este servicio domiciliario desde el año 2014, en este sector también se evidencia un crecimiento en su consumo a través de los años.

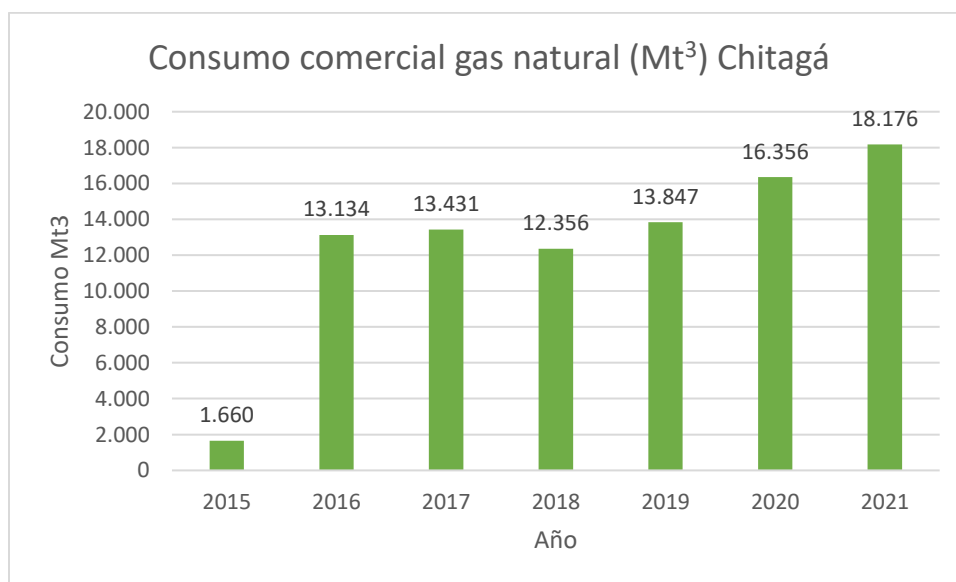


Figura 7. Consumo de Gas Natural Comercial de Chitagá periodo 2015-2021.

7.2.1.1. Año Base.

En el año 2018, Chitagá conto con una población de 10.554 habitantes los cuales viven en 2.925 hogares, en su totalidad el 91,33% tienen acceso a energía eléctrica, en donde se tuvo un consumo total residencial de 1.938.334 kWh y un total no residencial de 538.942 kWh para los sectores industrial, comercial y otros, en la Tabla 3 se muestran el consumo total para cada sector. Respecto al acceso a la distribución de gas natural solo el 38,9% total de la población tiene acceso a dicho servicio, este es prestado por gases del Oriente S.A. para el 2018 el sector residencial consumió 213.408 Mt³ de gas natural y el sector comercial consumió 12.356 Mt³ de dicho combustible.

Tabla 3. Consumo de energía eléctrica total por sector, año 2018 municipio de Chitagá.

Sector	Consumo (kWh)
Residencial	1.938.344
Industrial	57.786
Comercial	148.516
Oficial	74.101
Otros	258.539

Zona urbana. De la población total Chitaguense el 34,015% de la población se encuentra en el área urbana, de los cuales el 97,99% tiene acceso a electricidad y la usan para iluminación y para el funcionamiento de otros artefactos. Para el año base Chitagá tuvo un consumo de electricidad anual en la zona urbana de 1.339.770 kWh total residencial, y un consumo industrial de 6.306

kWh, en el sector comercial de 86.821 kWh y otros usos de 256.654 kWh. Un hogar urbano promedio consume 93,8 kWh en iluminación por año (SUI, 2022).

Tabla 4. Promedio de consumo y consumo de electricidad año 2018 para el sector urbano

Año	Estrato	Promedio de consumo (kWh/suscriptor)	Consumo total kWh
2018	Estrato 1	66.7	311.973
	Estrato 2	78.1	1.019.676
	Estrato 3	144.8	7.093
	Estrato 4	85.7	1.028
Total		357.2	1.339.770

Fuente. (SUI, 2022)

Zona Rural. La cobertura de energía eléctrica en la zona rural del municipio de Chitagá para el año 2018 es del 84,58%, para dicho año presento un consumo residencial total anual de 598.574 kWh, el sector industria consumió 51.480kWh, y el comercial 61.695 kWh. Un hogar promedio rural para iluminación y funcionamiento de otros artefactos consume 124,7 kWh por año.

Tabla 5. Promedio de consumo y consumo de electricidad año 2018 para el sector rural

Año	Estrato	Promedio de Consumo (kwh/suscriptor)	Consumo total kWh
2018	Estrato 1	86.6	31.258
	Estrato 2	71.7	566.021
	Estrato 3	215.8	1.295
Total		374.1	598.574

Fuente. (SUI, 2022)

7.2.2. Caso Pamplona

El consumo de energía eléctrica en kWh de los últimos 10 años de la ciudad de Pamplona para el sector residencial y no residencial se muestra en la Figura 8 donde se observa un crecimiento lineal y constante en el consumo de energía eléctrica, se presenta una disminución en el 2018, pero

en el siguiente año aumenta en mayor cantidad el consumo posiblemente por cambio de hábitos de los habitantes, una causa podría ser por el periodo de cuarentena por la pandemia por el Covid-19, donde la mayoría de actividades cambiaron para evitar posibles contagios.

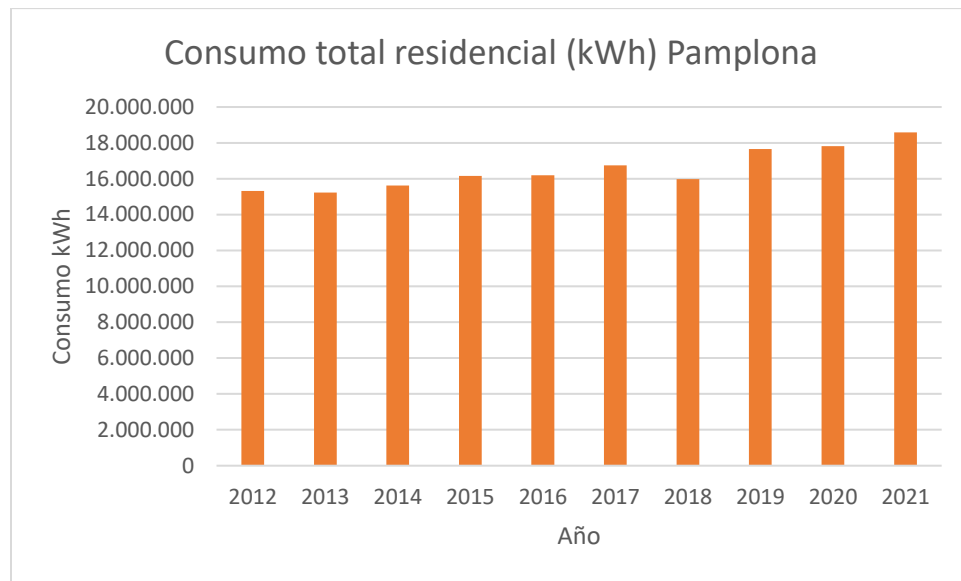


Figura 8. Consumo Total anual Residencial Pamplona periodo 2012-2021.

En la Figura 9 se muestra el consumo de energía eléctrica no residencial por sectores, donde se destaca el sector comercial que a través de los años tiene la mayor cantidad de consumo, seguido por el sector oficial, otros e industrial, el consumo no residencial de Pamplona ha tenido muchas variaciones en especial que ha disminuido su consumo de energía eléctrica en el sector comercial y oficial, algunos de los factores determinantes podrían ser el cambio de tecnologías a unas más eficientes.

Las variaciones del consumo en el sector no residencial se pueden observar con mayor precisión en la Figura 10, en él se observa un gran consumo en el año 2012, a partir del siguiente año tiene una caída, para el año 2014 crece, pero no iguala el consumo del 2012 y en el 2015 se presenta el mayor consumo de energía eléctrica en Pamplona para el sector no residencial, en los siguientes

años fluctúa su consumo, en el periodo 2020-2021 el consumo para estos sectores ha sido muy parecido.

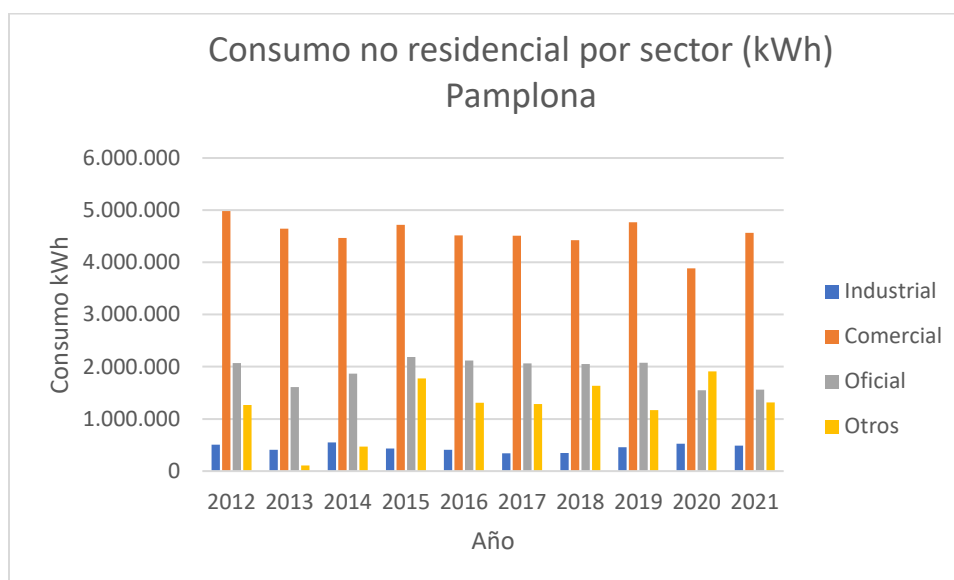


Figura 9. Consumo no residencial por sector, Pamplona periodo 2012-2021.

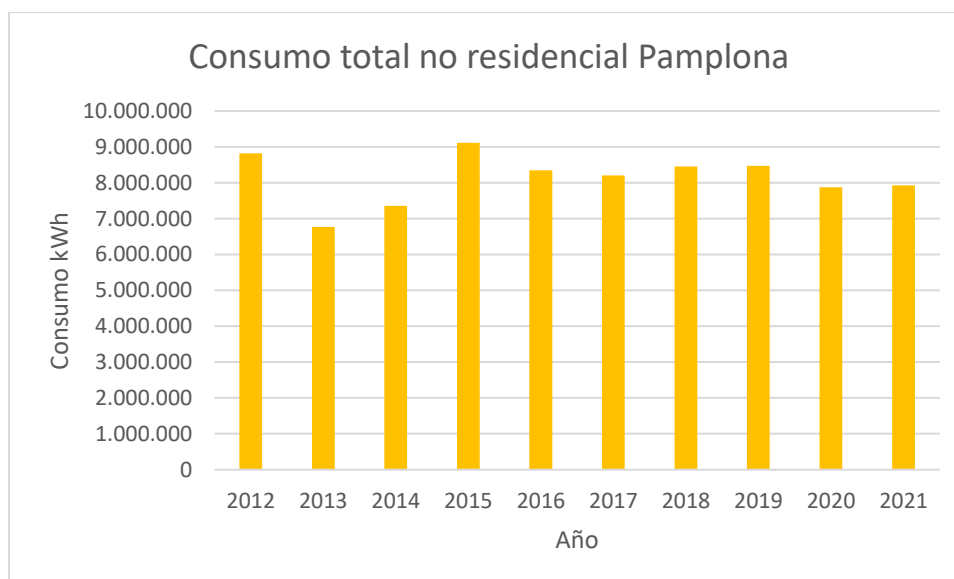


Figura 10. Consumo Total no residencial municipio de Pamplona periodo 2012-2021.

En Pamplona más de la mitad de la población total tiene acceso a gas natural, energético usado principalmente para la cocción de alimentos y calentamiento de agua, el consumo residencial y no

residencial de este combustible en los últimos años se muestra en la Figura 11 y 12 respectivamente.

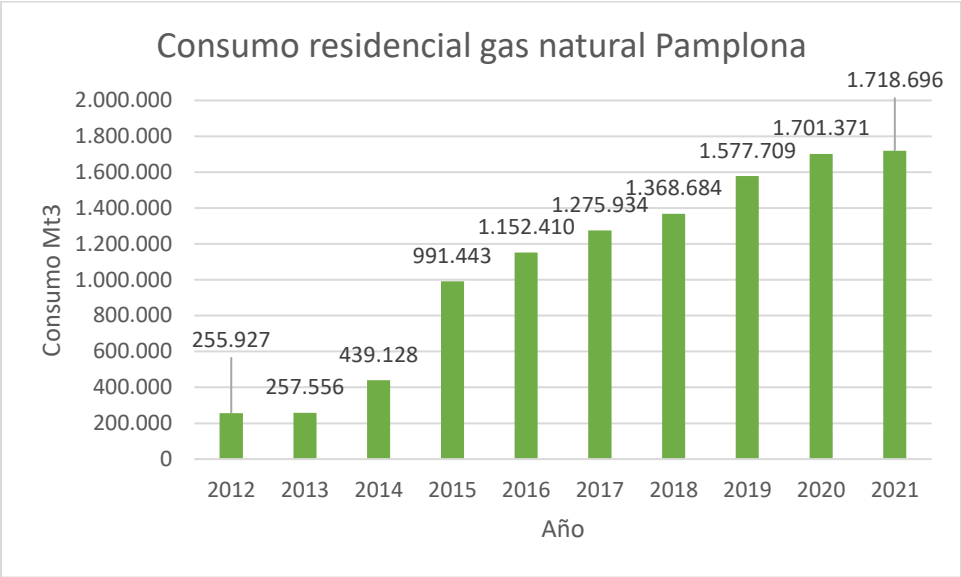


Figura 11. Consumo de gas natural residencial de Pamplona periodo 2012-2021.

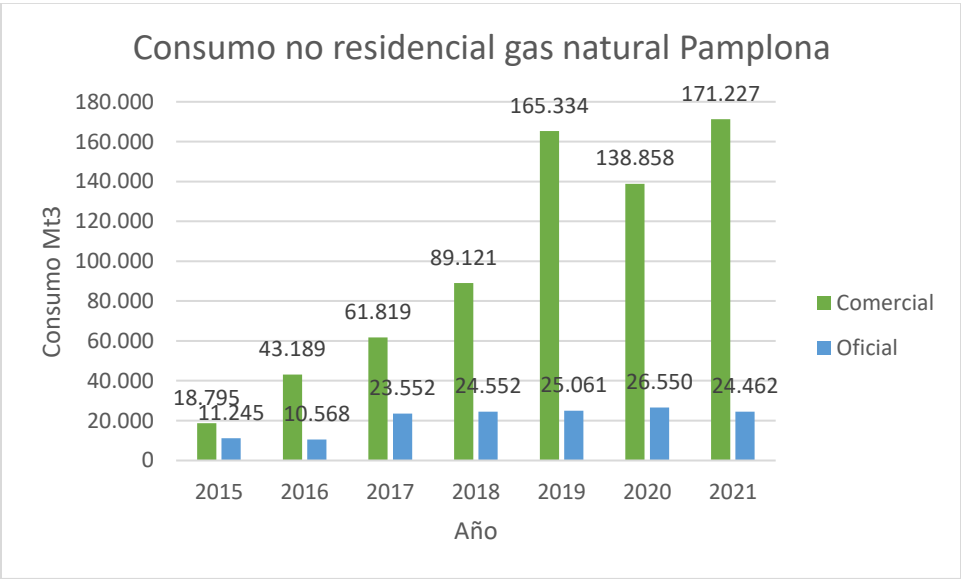


Figura 12. Consumo de gas natural no residencial de Pamplona periodo 2015-2021.

Los sectores comercial y oficial son los únicos con información disponible de consumo de gas natural del total no residencial, en la figura 12 se observa un gran crecimiento en el consumo desde el 2015 hasta el año 2019, este consumo disminuye para el sector comercial en el 2020 y vuelve a crecer en el año 2021.

7.2.2.1. Año Base.

En el año 2018, Pamplona conto con una población de 45.521 habitantes los cuales viven en 14.368 hogares, en su totalidad el 99,40% tienen acceso a energía eléctrica, en donde se tuvo un consumo total residencial de 15.981.734 kWh y un total no residencial de 8.457.658 kWh para los sectores industrial, comercial y otros, en la Tabla 6 se muestran el consumo total para cada sector. Respecto al acceso a la distribución de gas natural solo el 56,6% total de la población tiene acceso a dicho servicio, este es prestado por gases del Oriente S.A. para el 2018 el sector residencial consumió 1.368.684 Mt³ de gas natural y el sector comercial consumió 89.121 Mt³ de dicho combustible.

Tabla 6. Consumo de energía eléctrica total por sector, año 2018 municipio de Pamplona.

Sector	Consumo (kWh)
Residencial	15.981.734
Industrial	349.354
Comercial	4.425.225
Oficial	2.049.961
Otros	1.633.118

Zona urbana. De la población total Pamplonés el 91,6% de la población se encuentra en el área urbana, de los cuales el 99,55% tiene acceso a electricidad y la usan para iluminación y para el

funcionamiento de otros artefactos. Para el año base Pamplona tuvo un consumo de electricidad anual en la zona urbana de 15.328.294 kWh total residencial, y un consumo industrial de 256.431 kWh, en el sector comercial de 3.820.394 kWh y otros usos de 1.582.648 kWh. Un hogar urbano promedio consume 91,2 kWh en iluminación por año (SUI, 2022).

Tabla 7. Promedio de consumo en kWh/suscriptor año 2018 para el sector urbano.

Año	Estrato	Promedio de Consumo (kwh/suscriptor)	Consumo total kWh
2018	Estrato 1	81.9	2.582.362
	Estrato 2	87.2	5.294.235
	Estrato 3	98.6	5.745.898
	Estrato 4	97.1	1.705.799
Total		364.8	15.328.294

Fuente. (SUI, 2022)

Zona Rural. La cobertura de energía eléctrica en la zona rural del municipio de Pamplona para el año 2018 es del 85,60%, para dicho año presento un consumo residencial total anual de 653.440 kWh, el sector industria consumió 92.923 kWh, y el comercial 604.831 kWh.

Tabla 8. Promedio de consumo en kWh/suscriptor año 2018 para el sector Rural.

Año	Estrato	Promedio de Consumo (kwh/suscriptor)	Consumo total kWh
2018	Estrato 1	66.9	45.371
	Estrato 2	69.6	607.192
	Estrato 3	48.7	877
Total		185.2	653.440

Fuente. (SUI, 2022)

7.3.Recolección de información primaria de consumo de energía

Una vez aplicadas las encuestas en los municipios de Chitagá y Pamplona, se utilizó Excel como herramienta para la tabulación de los datos y para realizar las gráficas y análisis de consumo de

energía, la aplicación de los instrumentos matemáticos se ve reflejado por el uso de operaciones básicas y promedios.

De acuerdo a los datos obtenidos mediante el proceso de investigación se obtuvieron los siguientes resultados para cada caso de estudio:

7.3.1. Caso de estudio Chitagá

7.3.1.1. Caracterización de la vivienda.

El tipo de vivienda que predomina en el sector residencial está representado por el 97,37% por casas y el 2,63% por otros tipos de viviendas como apartamentos, en cuanto a su uso en el casco urbano el 73,68% es de uso residencial, el 10,53% es de uso residencial y comercial y el 2,63% es de uso residencia y cultivos, en la zona rural el 100% de los hogares es de uso residencial/cultivos, Figura 13.

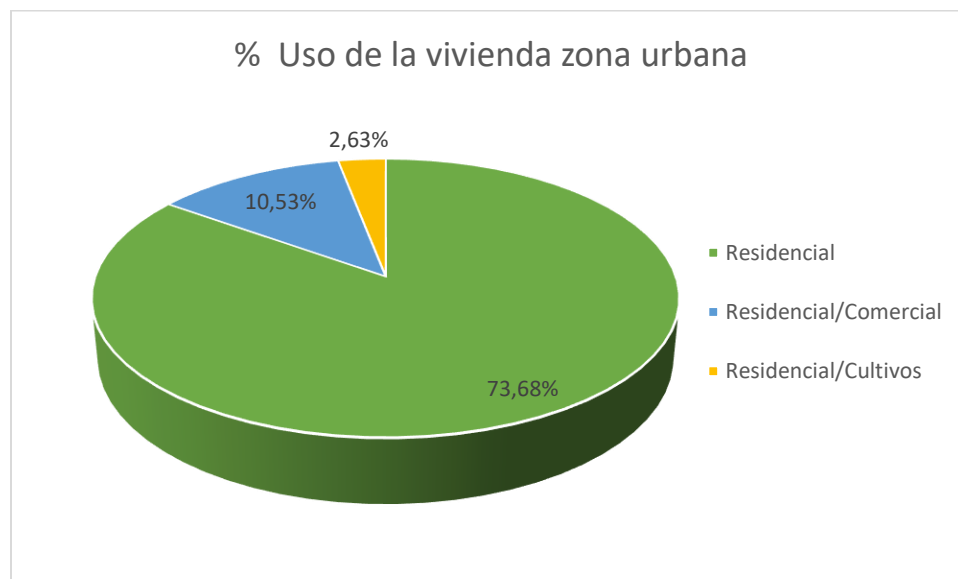


Figura 13. Participación uso de vivienda zona urbana en Chitagá.

El promedio de personas por hogar según las encuestas aplicadas es de 3,7 dato que se ajusta muy bien en comparación con el dato histórico del DANE en el que el promedio de personas por hogar es de 3,6 (DANE, 2018a).

7.3.1.2. Identificación uso de energía.

Para la caracterización del consumo y uso de energía se indago sobre las fuentes de energía utilizadas en los diferentes procesos como: la iluminación, calentamiento de agua, adecuación de ambiente y cocción de alimentos, además del tipo de electrométricos con que cuenta la vivienda como neveras, ducha eléctrica, calentadores a gas, entre otros.

Del total de los encuestados el 100% del casco urbano tiene acceso a energía eléctrica, en el caso de las veredas el 5,26% no tiene acceso a energía eléctrica, este dato se puede observar en la Figura 14.

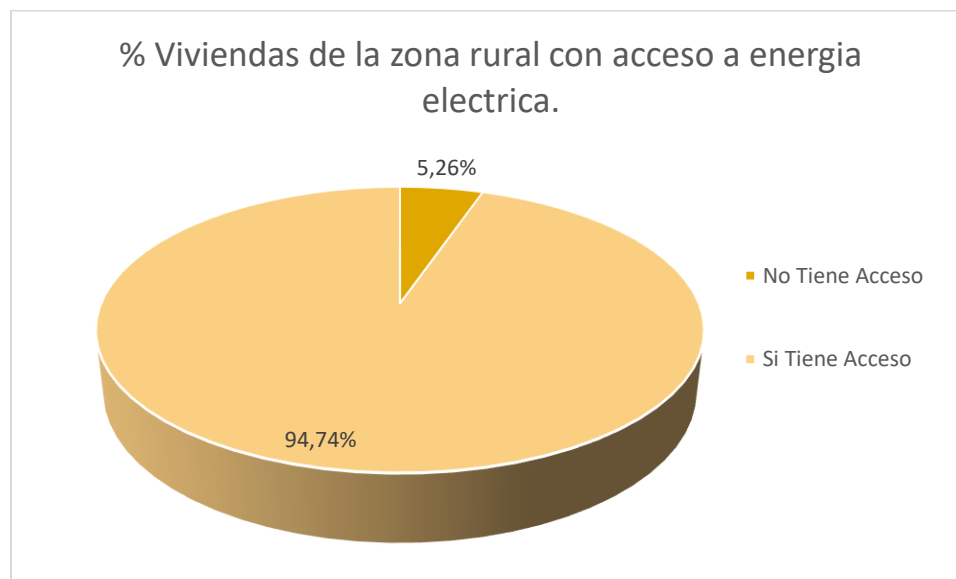


Figura 14. Porcentaje de viviendas con acceso a energía eléctrica en la Zona Rural.

El promedio de consumo de un hogar en el municipio de Chitagá es de 112,625 kWh, el consumo promedio de energía eléctrica de cada zona se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Consumo Promedio kWh del Municipio de Chitagá

Zona	Promedio de Consumo kWh
Casco Urbano	115,121
Zona Rural	85,166
Total General	112,625

7.3.1.2.1. Iluminación.

La principal fuente de iluminación que se usa en el casco urbano es energía eléctrica, al día esta fuente en promedio es usada 7,16 horas, en el caso de la zona rural el 5,26% usa energía solar para la iluminación, los demás usan energía eléctrica; al día la zona rural en promedio utiliza 2,5 horas la energía solar para la iluminación, el porcentaje que usa energía eléctrica en la zona rural hace uso de ella en promedio 6,3 horas. La Figura 15 muestra el promedio de horas de uso de la fuente de iluminación de cada zona.

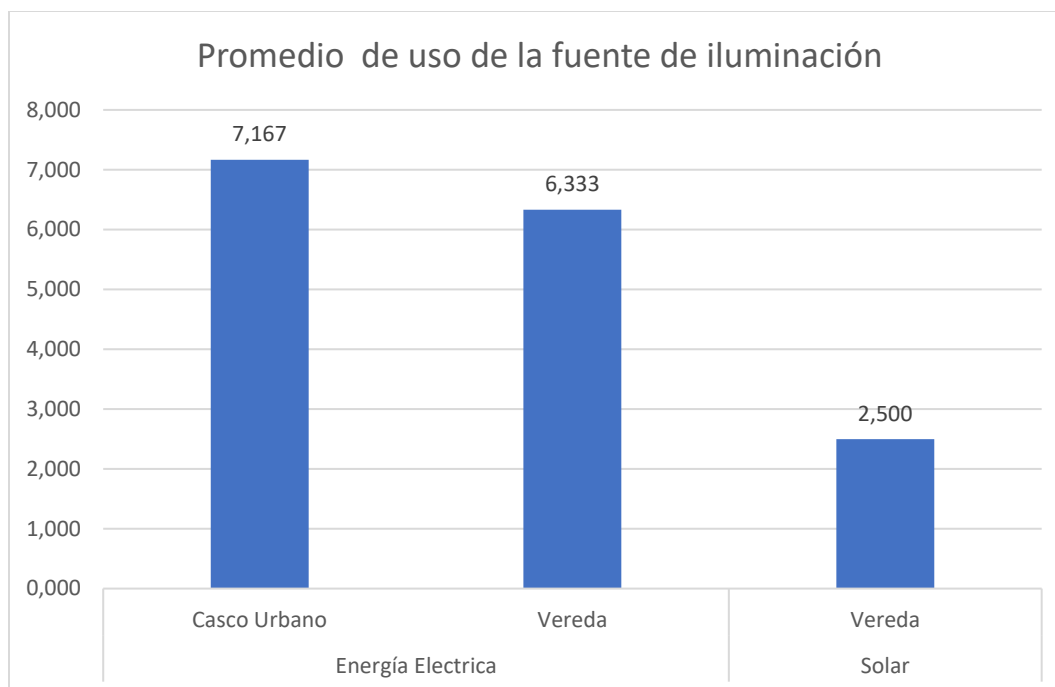


Figura 15. Promedio de horas al día que se usa la fuente de energía para iluminación.

Los habitantes del municipio de Chitaga, tanto de la zona rural como urbana emplean tecnologías en iluminación incandescentes, ahorradores y Leds, estos dos últimos alcanzando una mayor introducción en el año 2013, desde que se decretó la sustitución de los bombillos incandescentes en el 2007 a nivel nacional con el decreto 2331 de 2007, en el que se establece una medida tendiente al uso racional y eficiente de energía eléctrica (Decreto 2331 de 2007, 2007). En las Figuras 16 y 17 se expone el porcentaje de bombillos por tecnología que utilizan los Chitaguenses por zona, de lo cual es posible deducir que los bombillos ahorradores son los más usados, teniendo una participación del 89,39% en el casco urbano y el 80% de participación en la zona rural.

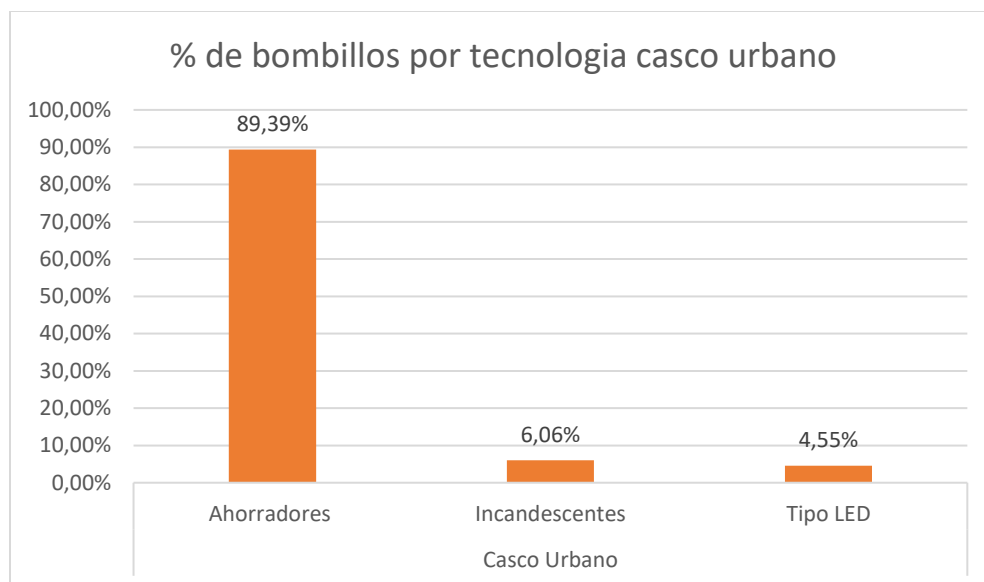


Figura 16. Porcentaje de bombillos por tecnología casco urbano Chitagá.
Zona

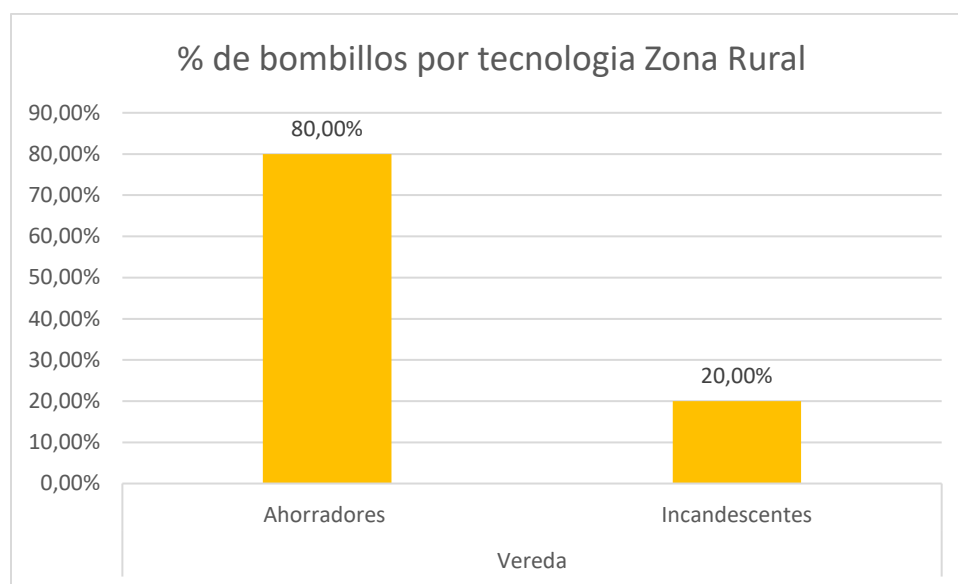


Figura 17. Porcentaje de bombillos por tecnología Zona rural Chitagá.

En promedio un hogar Chitagüense cuenta con 7,36 bombillos en general, en la Tabla 10 se muestra el promedio de numero de bombillos según la zona y la tecnología que posee un hogar en Chitagá.

Tabla 10. Promedio de número de bombillos por zona y tecnología en Chitagá.

Zona y Tecnología	Promedio de Número de bombillos
Casco Urbano	7,62
Ahorraadores	7,32
Incandescentes	4,25
Tipo LED	18
Vereda	5,7
Ahorraadores	5,75
Incandescentes	5,5
Total general	7,37

7.3.1.2.2. Refrigeración.

Entre los electrodomésticos básicos que requieren del servicio de energía eléctrica son las neveras o refrigeradores, en la investigación se indago sobre su tenencia y uso, encontrando que en el casco urbano el 90,91% de los hogares cuenta con sistemas de refrigeración y en la zona rural solo el 40% de los hogares usa nevera o refrigeración, en las Figuras 18 y 19 se muestran sus % de tenencia.

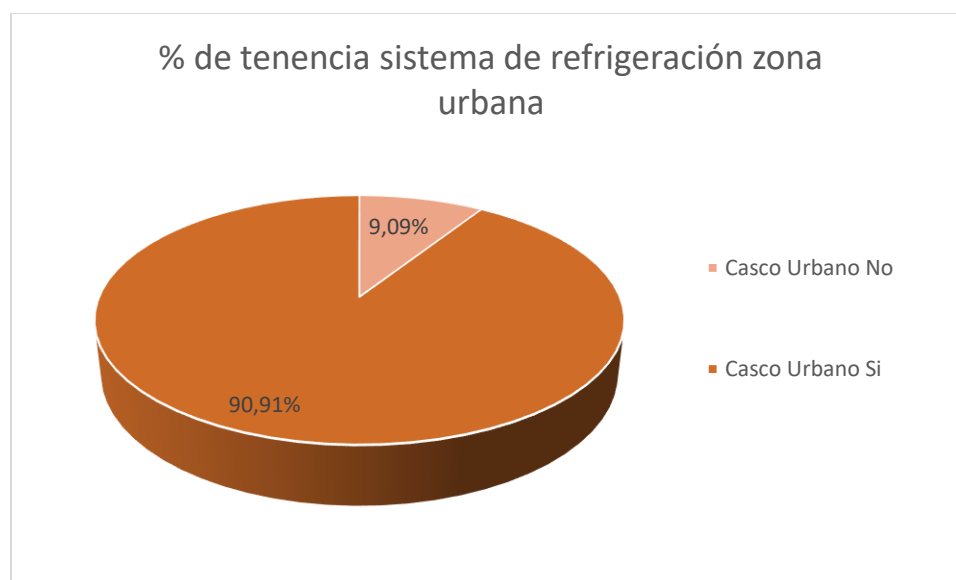


Figura 18. Porcentaje de tenencia sistema de refrigeración casco urbano Chitagá.

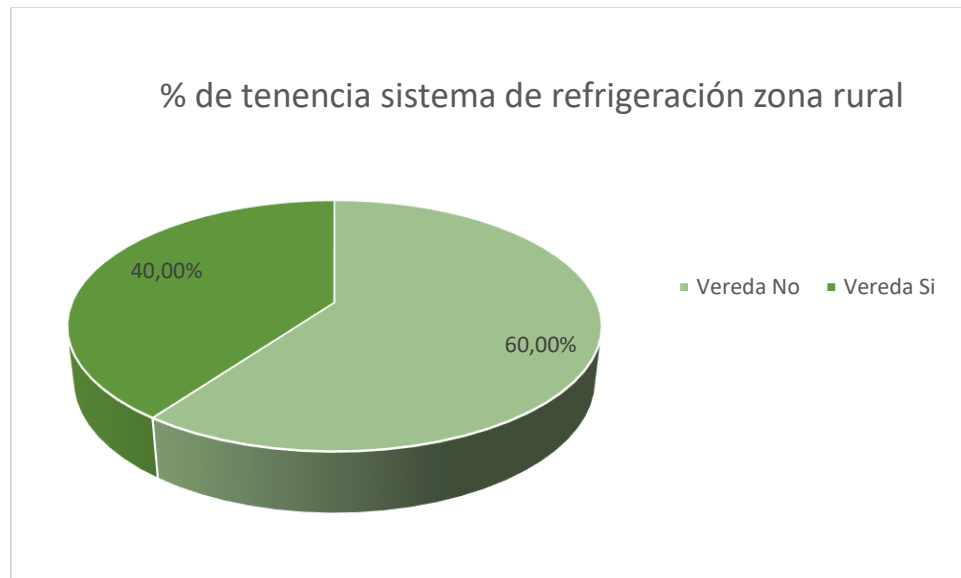


Figura 19. Porcentaje de tenencia sistema de refrigeración Zona Rural Chitagá.

Al año un hogar rural Chitaguense consume un promedio 388,35 kWh en su sistema de refrigeración y en la zona urbana el consumo promedio es de 343,64 kWh al año.

7.3.1.2.3. Adecuación de ambiente (Calor).

La adecuación de ambiente o calentamiento de agua se realiza por duchas eléctricas o por calentadores a gas, en el casco urbano el 98,48% cuenta con sistema de adecuación de ambiente, de los cuales el 84,21% usa ducha eléctrica y el 1,32% hace uso de calentador a gas; en la zona rural el 50% de los hogares cuenta con sistema de calentamiento de los cuales el 100% usa ducha eléctrica. La Figura 20 muestra los porcentajes de tenencia de la zona urbana.

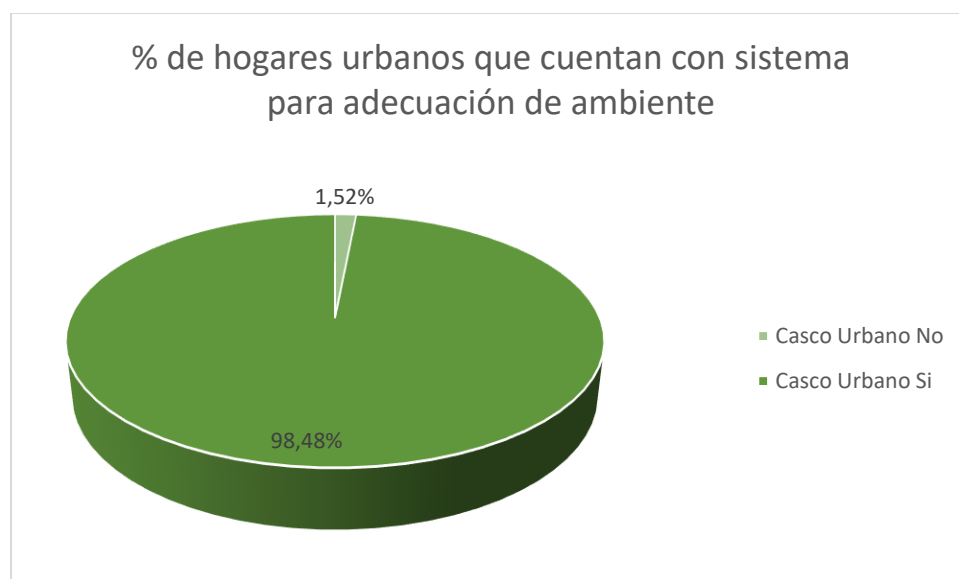


Figura 20. Porcentaje de tenencia de hogares urbanos con sistema para adecuación de ambiente.

En la Tabla 11 se puede encontrar la potencia de cada uno de los sistemas usados en Chitagá, además del promedio de tiempo de uso al día y el consumo promedio al año de cada sistema de calefacción.

Tabla 11. Datos sobre consumo en adecuación de ambientes Chitagá

Tipo de Sistema	Potencia (Kw)	Promedio de Tiempo de uso diario (h)	Consumo promedio kWh/año
Casco Urbano			
Calentador a gas	11,97	1	4452,84
Ducha eléctrica	1,5	0,658	367,20
Vereda			
Ducha eléctrica	1,5	0,766	427,8

7.3.1.2.4. Uso de energía para cocción.

Los hogares Chitaguenses emplean en su mayoría cocinas a base de gas, donde predomina el uso del combustible gas natural, su participación en la zona urbana es de 84,85%, algunos hogares usan más de un combustible como es el uso conjunto de gas natural y leña con una participación

del 9,09% de los hogares, en la Figura 21 se muestran los porcentajes de participación de cada uno de los combustibles usados para la cocción de alimentos en la zona urbana.

En promedio un hogar urbano consume 53,97 m³ de gas natural, aquellos hogares que solo usan gas propano en promedio usan 40 lb que les cuesta \$84.000 pesos colombianos, los hogares que usan gas natural y gas propano para la cocción de alimentos en promedio usan 100 lb de gas propano que les cuesta \$220000 pesos colombianos y cambian la bombona de gas trimestralmente y los hogares que usan además de gas natural, la leña para cocinar consumen en promedio 10 kg al mes, de la cual es leña auto apropiada, es decir estos hogares no pagan por dicho combustible.

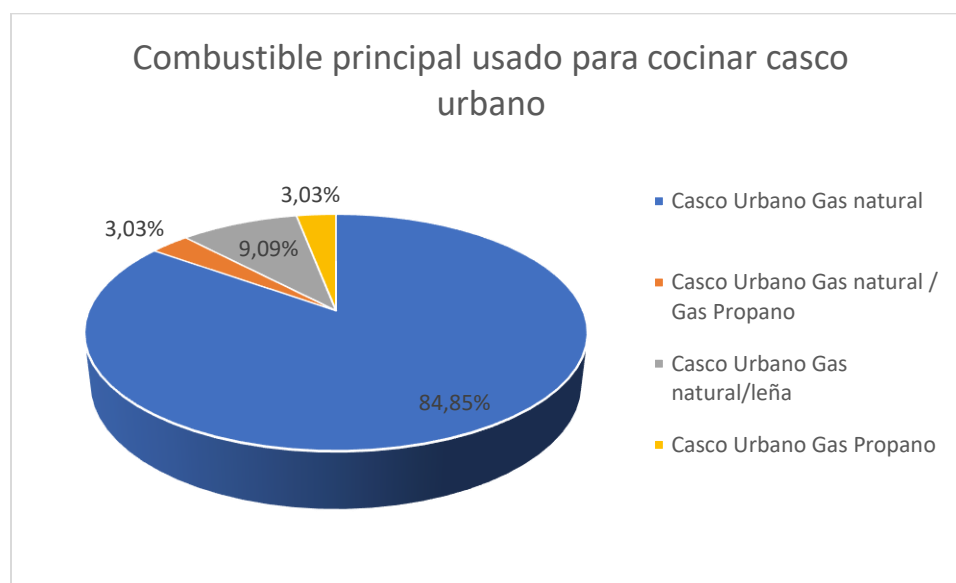


Figura 21. Combustible principal usado para cocinar en el Casco Urbano en Chitagá.

En los hogares rurales tanto con y sin acceso a electricidad predomina el uso del gas propano junto con la leña, los porcentajes de participación de cada combustible en la zona rural del municipio de Chitagá se muestran en el Figura 22. Los hogares rurales que usan gas propano en promedio consumen 40 lb al mes de dicho combustible, aquellos hogares que además usan leña en promedio usan 10 kg al mes.

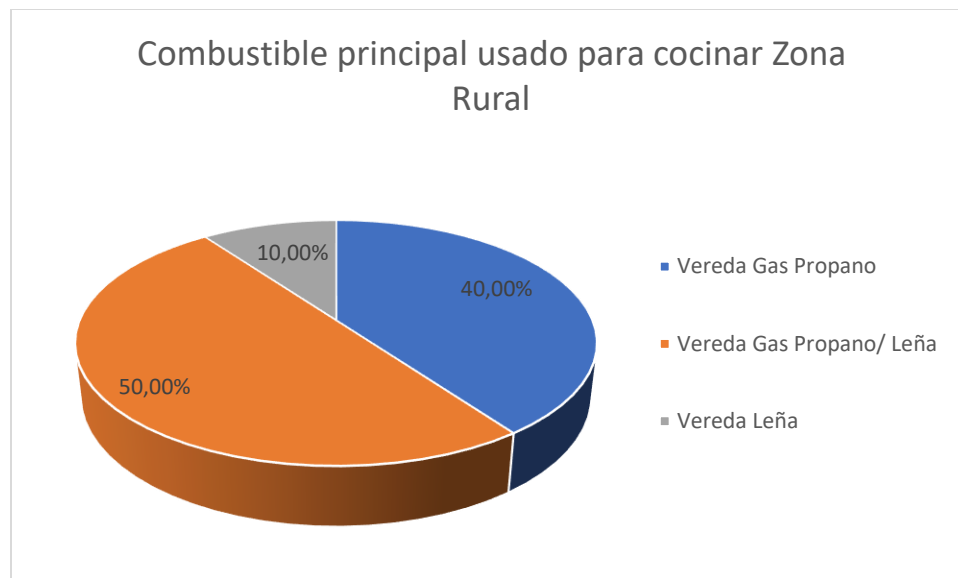


Figura 22. Combustible principal usado para cocinar en la zona rural de Chitagá.

Además del tipo de combustible usado para cocinar también se indago sobre la tenencia de hornos en los hogares y el tipo de combustible que usan para su funcionamiento, de los cuales en la zona urbana solo el 15,15% cuenta con horno, de los cuales funcionan con energía eléctrica y gas natural, su % de participación se muestran en el Figura 23. En la zona rural solo el 10% tiene horno los cuales solo usan energía eléctrica para su funcionamiento.

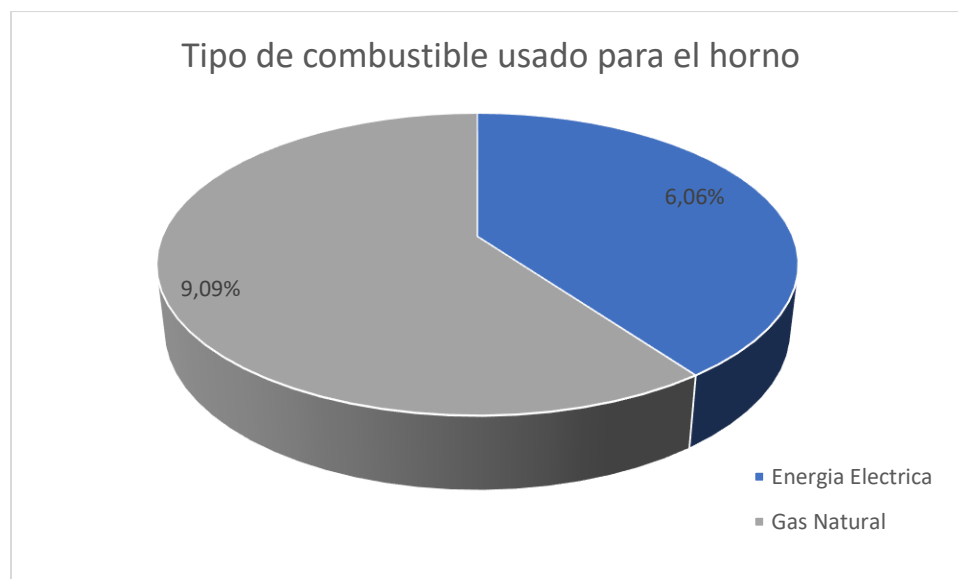


Figura 23. Tipo de Combustible usado para el horno zona urbana Chitagá.

7.3.1.2.5. Uso de energía en aparatos eléctricos y electrónicos.

Haciendo referencia a electrodomésticos de cocina (licuadora, olla arrocera, cafetera, entre otros) de limpieza como la lavadora y aparatos electrónicos como televisores, computadores y celular. En la Tabla 12 se pueden observar los porcentajes de tenencia de los equipos y su consumo en kWh/año para cada zona.

Tabla 12. Consumo de Otros artefactos en Chitagá

	Zona Urbana		Zona rural	
Artefacto	porcentaje	Consumo kWh/año	porcentaje	Consumo kWh/año
Licuadora	100 %	11,69	60%	14,4
Sanduchera	39,39 %	47,20	10%	67,5
Plancha	48,48%	318,4	10%	216
Lavadora	80,3%	379,6	40%	297
Radio	71,21%	26,1	100%	35,1
Televisor	90,91%	157	50%	162
Computador	43,94 %	137,07	20 %	140,2
Teléfono celular	96,97 %	13,9	90 %	10,56
Total consumo		1090,96		942,76

7.3.2. Caso de estudio Pamplona

7.3.2.1. Caracterización de la vivienda.

En el municipio de Pamplona según las encuestas el tipo de vivienda que predomina es la casa con un porcentaje del 61,76% y los apartamentos en edificio representan el 38,24%; en cuanto a la zona rural las casas representan el 90% y el tipo de vivienda de apartamento en edificio corresponde al 10%. En cuanto al uso de la vivienda estas se clasifican como: uso residencial, uso residencial/comercial y uso residencial/cultivos, sus porcentajes de participación se muestran en las Figuras 24 y 25 para la zona urbana y rural respectivamente.

Un hogar Pamplonés está conformado por aproximadamente 3,5 personas, en los datos del DANE en el 2018 el promedio de personas por hogar en el municipio de Pamplona era de 3,1.

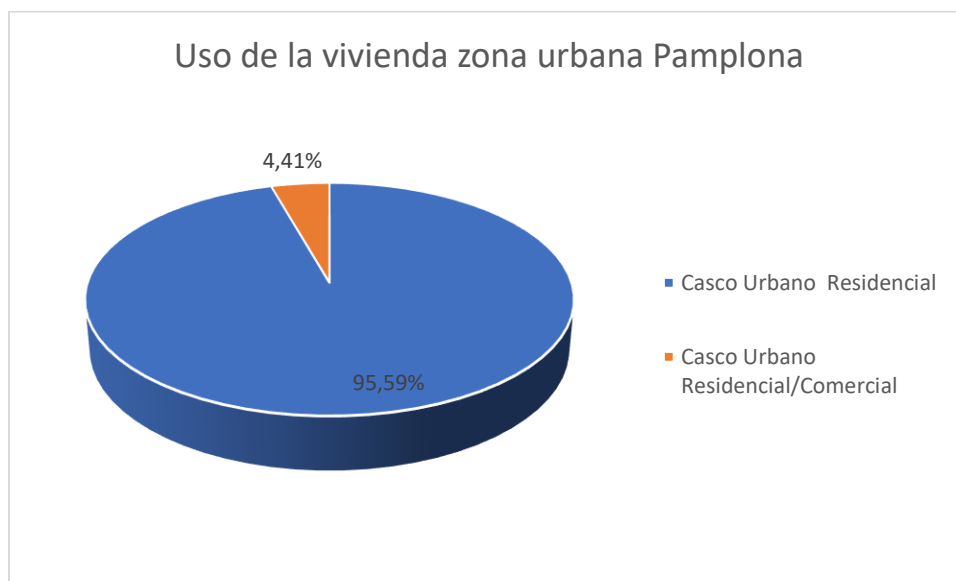


Figura 24. Uso de la vivienda zona urbana Pamplona.

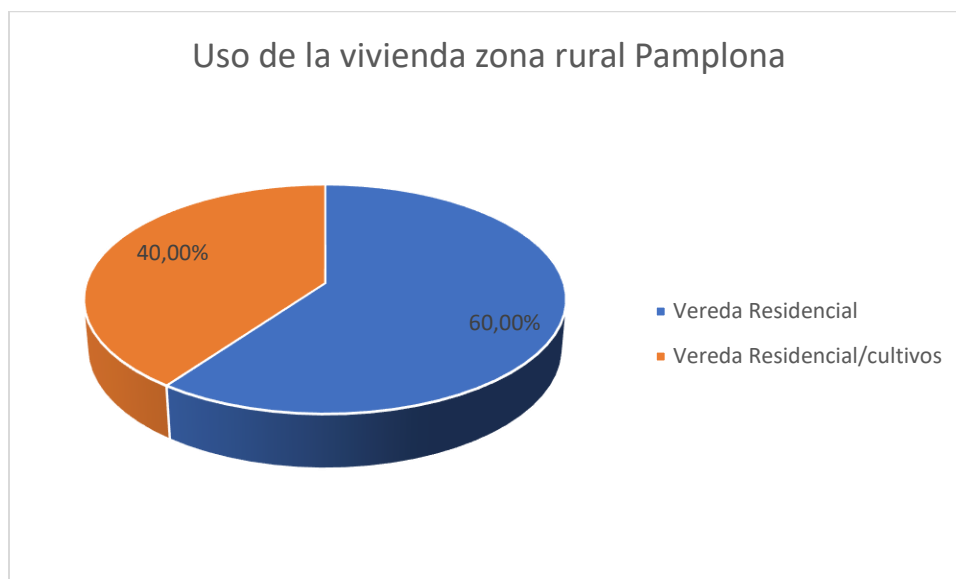


Figura 25. Uso de la vivienda zona rural Pamplona.

7.3.2.2. Identificación uso de energía.

Para la caracterización del consumo y uso de energía se indago sobre las fuentes de energía utilizadas en los diferentes procesos como: la iluminación, calentamiento de agua, adecuación de ambiente y cocción de alimentos.

Del total de los encuestados del municipio de Pamplona el 100% tiene acceso a energía eléctrica, en donde el promedio de consumo de un hogar es de 296,83 kWh y el consumo promedio de energía eléctrica de cada zona se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Consumo Promedio kWh del Municipio de Pamplona.

Zona	Promedio de Consumo kWh
Casco Urbano	304,5
Zona Rural	244,4
Total General	296,83

7.3.2.2.1. Iluminación.

La principal fuente de iluminación es la energía eléctrica, al día esta fuente es usada en promedio 6,53 horas, en cuanto a tecnologías para la iluminación el total de la población encuestada del municipio de pamplona solo usan ya sea bombillos leds o bombillos ahorradores de 15 w, en las Figuras 26 y 27 se muestran los porcentajes de participación y número promedio de los bombillos que utilizan en el municipio de Pamplona por zona, en donde se puede deducir que la tecnología de bombillos ahorradores son los más usados, con una participación del 67,65% en el casco urbano y un 80% en la zona rural, en promedio un hogar urbano cuenta con 7,2 bombillos y un hogar rural con 6,6 bombillos.

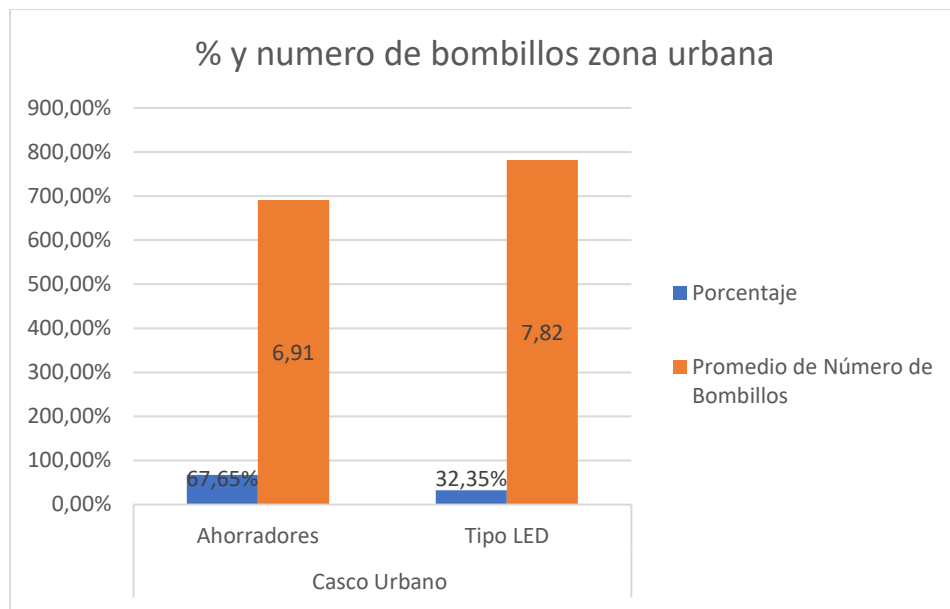


Figura 26. Porcentaje y numero de bombillos por tecnología casco urbano Pamplona.

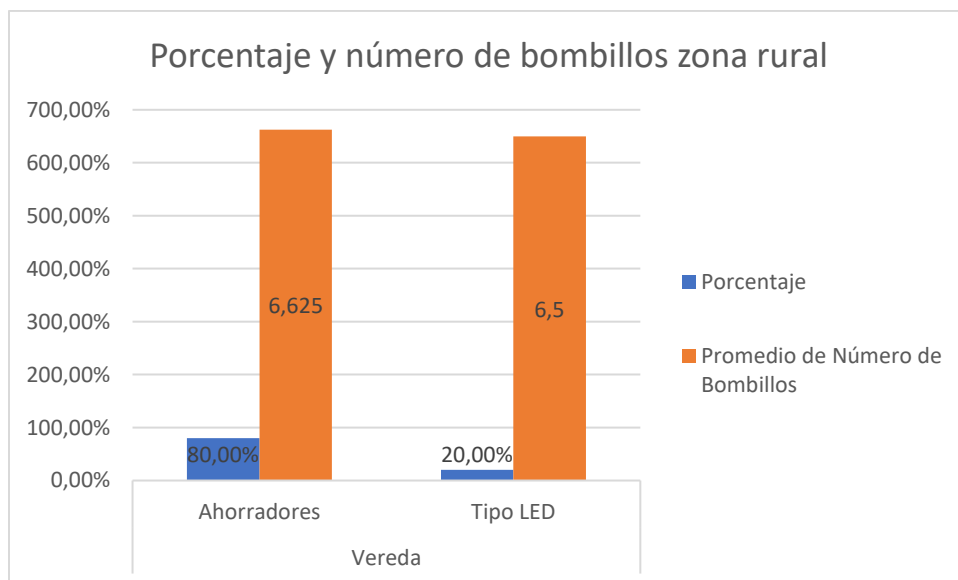


Figura 27. Porcentaje y numero de bombillos por tecnología zona Rural Pamplona.

Tabla 14. Promedio de número de bombillos por zona y tecnología en Pamplona.

Zona y Tecnología	Promedio de Número de bombillos
Casco Urbano	7,206
Ahorradores	6,913
Tipo LED	7,818
Vereda	6,6
Ahorradores	6,625
Incandescentes	6,5
Total general	7,128

7.3.2.2.2. Refrigeración.

En el casco urbano el 95,59% cuenta con sistema de refrigeración y en la zona rural el 90% en las Figuras 28 y 29 se muestra su % de tenencia. Al año un hogar Pamplonés consume un promedio 330,68 kWh en su sistema de refrigeración, el promedio de consumo de la zona urbana es de 329,13 kWh y el promedio de la zona rural es de 341,946 kWh.

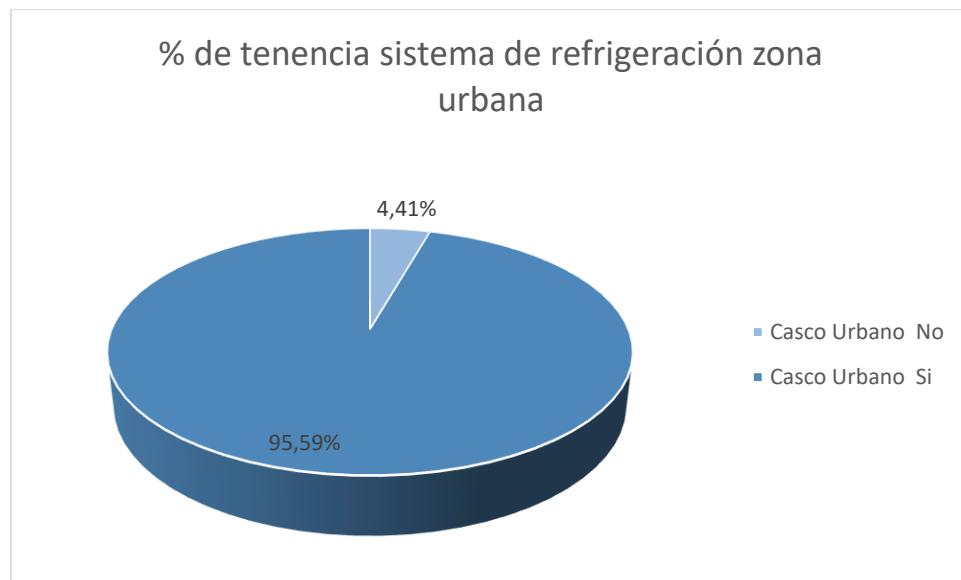


Figura 28. Porcentaje de tenencia sistema de refrigeración casco urbano Pamplona.

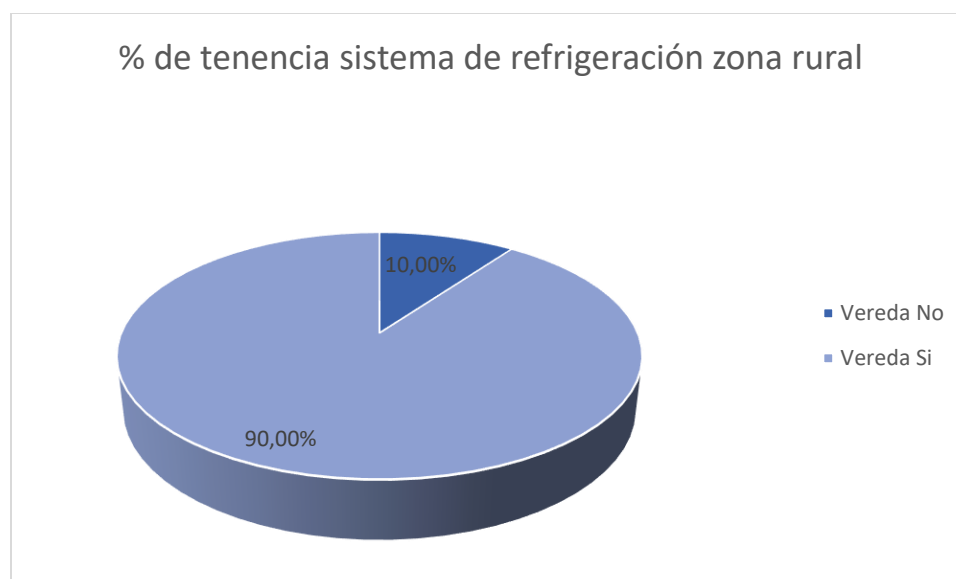


Figura 29. Porcentaje de tenencia sistema de refrigeración zona rural Pamplona.

7.3.2.2.3. *Adecuación de ambiente (Calor).*

En el casco urbano el 95,59% de los hogares encuestados cuentan con un sistema para agua caliente o calefacción y en la zona rural el 100% de los encuestados cuentan con sistema para agua caliente, en la Tabla 15 se especifican los porcentajes de tenencia de sistema para agua caliente y la tecnología o tipo de sistema que usa y en la Tabla 16 se muestra la potencia y consumo promedio al año de cada uno de los sistemas usados en pamplona.

Tabla 15. Porcentaje de tenencia con sistema para adecuación de ambiente Pamplona.

	Zona urbana	Zona Rural
Tipo de Sistema	% de Tenencia	
Calentador a gas	8,82%	0%
Calentador a Eléctrico	1,47%	0%
Ducha Eléctrica	85,30%	100%
Total	95,59%	100%

Tabla 16. Datos sobre consumo en adecuación de ambientes Pamplona.

Tipo de Sistema	Potencia (Kw)	Promedio de Tiempo de uso diario (h)	Consumo promedio kWh/año
Casco Urbano			
Calentador a gas	18,04	0,972	6314
Calentador Eléctrico	5,5	0,5	990
Ducha eléctrica	1,5	0,664	358,5
Vereda			
Ducha eléctrica	1,5	0,978	528,3

7.3.2.2.4. *Uso de energía para cocción.*

Los hogares Pamploneses emplean en su mayoría cocinas a base de gas, donde predomina el uso del combustible gas natural en la zona urbana y del gas propano en la zona rural. En promedio un hogar urbano consume 165,84 m³ de gas natural al año, aquellos hogares que solo usan gas propano en promedio usan 40 lb al mes que les cuesta \$100.000 pesos colombianos, Figura 30.

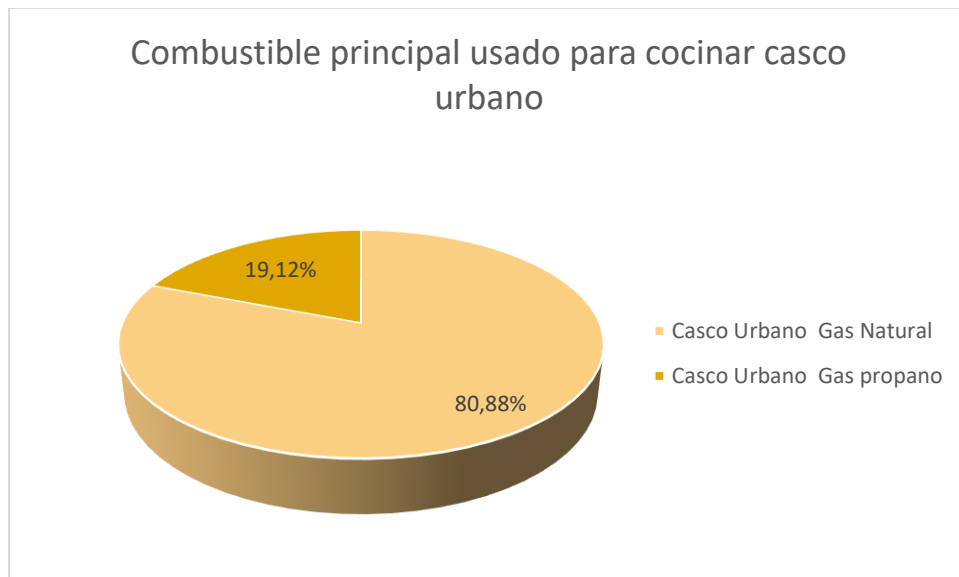


Figura 30. Combustible principal usado para cocinar en el Casco Urbano en Pamplona.

En los hogares rurales predomina el uso de gas propano, seguido del gas natural y la leña, los porcentajes de participación de cada combustible en la zona rural del municipio de Pamplona se

muestran en el Figura 31. Los hogares rurales que usan gas natural en promedio al año consumen 204,53 m³, aquellos que usan gas propano en promedio consumen 40 lb mensuales de dicho combustible y los que solo utilizan leña en promedio al día usan 15 kg.

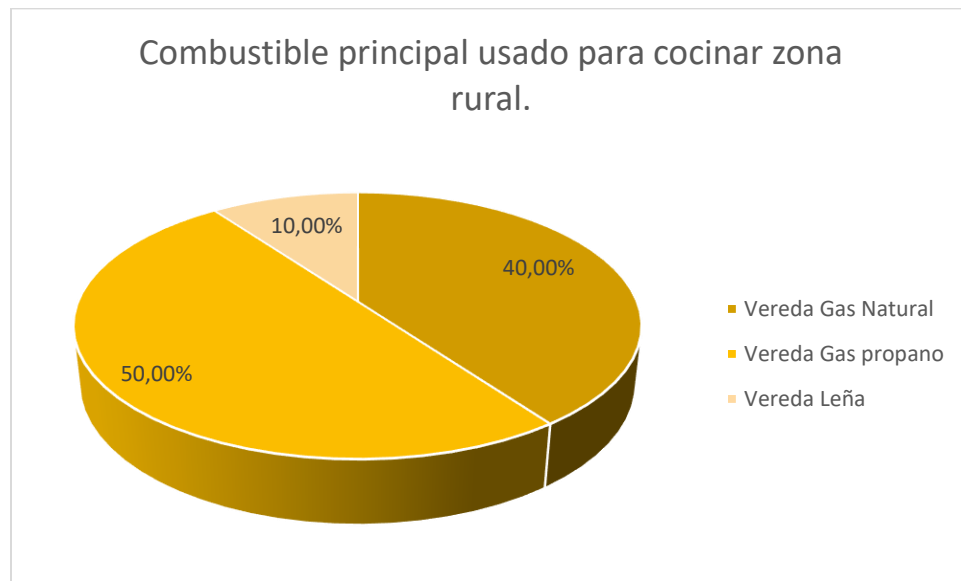


Figura 31. Combustible principal usado para cocinar en la zona rural de Pamplona.

Respecto a si cuenta con horno para cocinar y el combustible para su funcionamiento, de los encuestados de la zona urbana el 23,53% tiene algún tipo de horno en su hogar y en la zona rural de pamplona solo el 20% usa horno para la preparación de alimentos y el combustible que usan para su funcionamiento es energía eléctrica, para la zona urbana en el Figura 32 se muestra el tipo de combustible que utilizan.

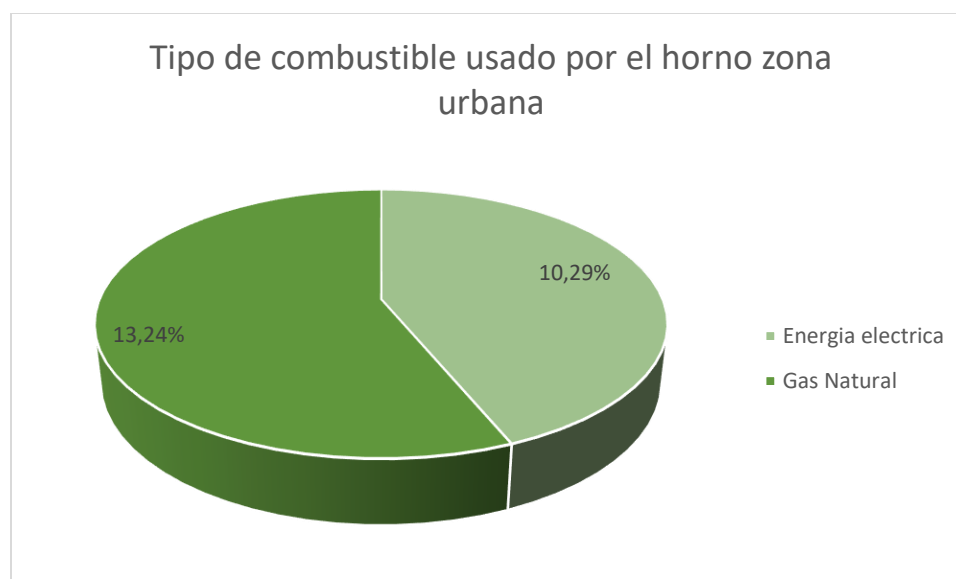


Figura 32. Tipo de Combustible usado para el horno zona urbana Pamplona.

7.3.2.2.5. *Uso de energía en aparatos eléctricos y electrónicos*

En la Tabla 17 se sintetizan los datos del porcentaje de la población que cuenta con los aparatos eléctricos, electrodomésticos y electrónicos, junto con su consumo al año para cada zona.

Tabla 17. Consumo de Otros artefactos en Pamplona.

Artefacto	Zona Urbana		Zona rural	
	porcentaje	Consumo kWh/año	porcentaje	Consumo kWh/año
Licuadaora	94,12%	11,78	100%	11,61
Cafetera	7,35 %	38,25	0%	0
Sanduchera	22,06 %	60,2	10%	42
Plancha	39,71%	182	30%	144
Lavadora	86,76%	330,07	70%	255,08
Radio	29,41%	17,87	50%	23,4
Televisor	88,24%	184,32	90%	204
Computador	76,47%	200,7	60 %	129,6
Teléfono celular	100%	15,75	100 %	14,688
Total consumo		1040,94		824,378

7.4. Selección de los escenarios para la prospectiva

Para iniciar el modelo LEAP es necesario diseñar la estructura de los datos para su ingreso al programa de acuerdo a la información disponible, se consideran las ramas de los usos finales, el sector en el que se centra la investigación, es el sector residencial, el cual se subdivide en dos sectores el sector rural y sector urbano, estos a su vez se clasifican en el tipo de uso: refrigeración, iluminación, cocción, calentamiento de agua y otros usos. Las Figuras 33, 34 y 35 muestran la forma en que se ingresaron los datos al programa.

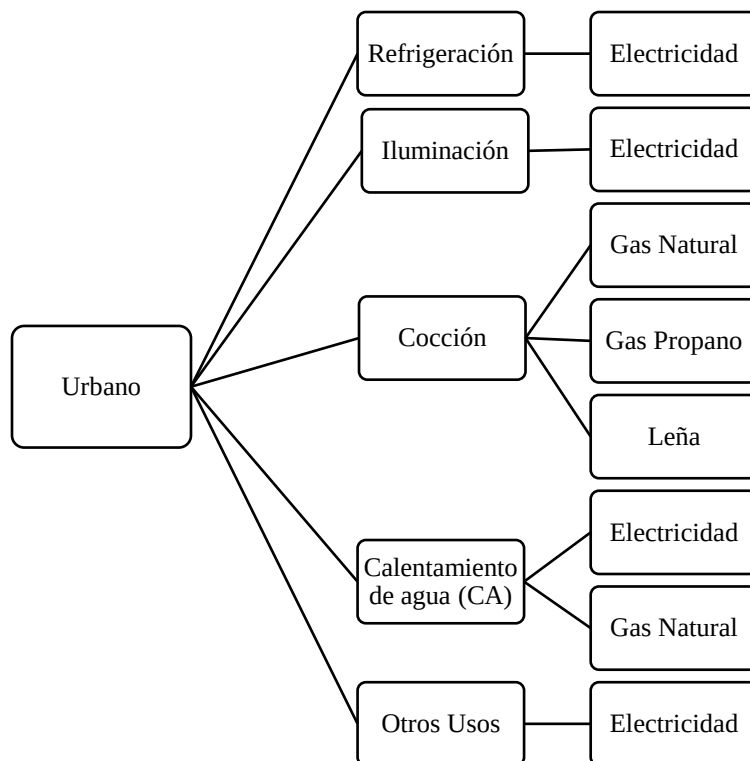


Figura 33. Árbol general de los usos finales del sector residencial urbano.

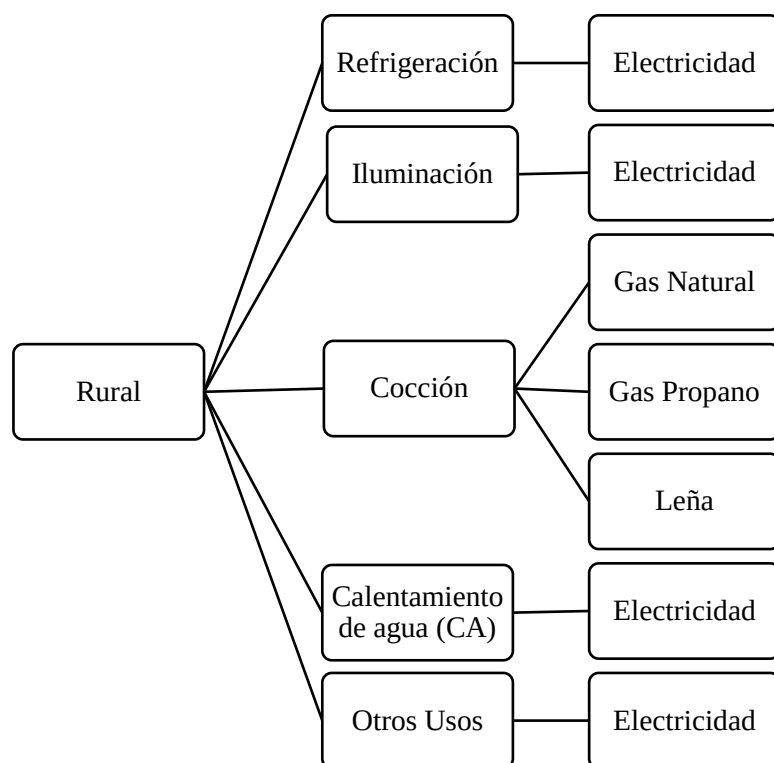


Figura 34. Árbol general de los usos finales del sector residencial rural con acceso a energía eléctrica.

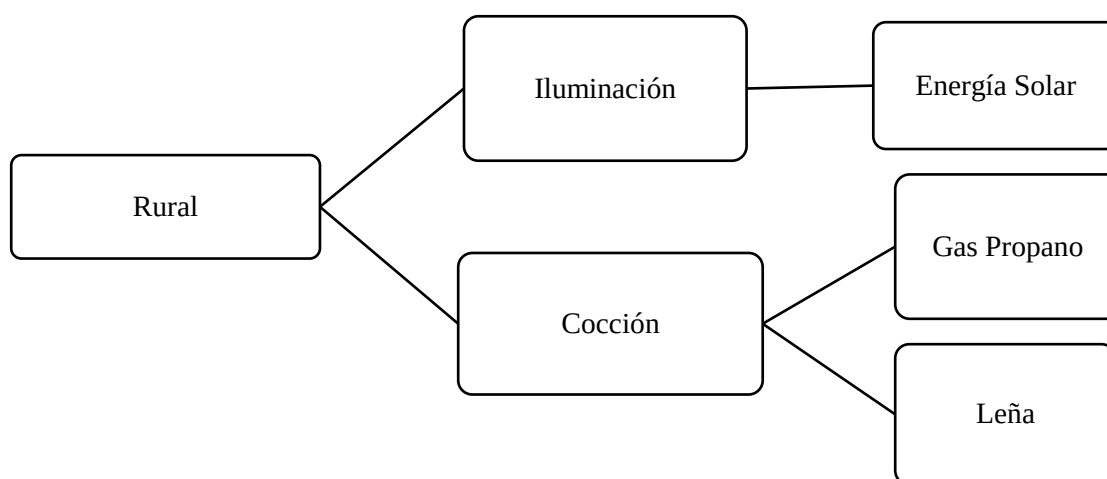


Figura 35. Árbol general de los usos finales del sector residencial rural sin acceso a energía eléctrica.

Para la construcción de los escenarios en LEAP es importante tener presente que la variable determinante en el sector residencial es el número de hogares en los casos de estudio, este dato se obtuvo del censo nacional de población y vivienda 2018 (DANE, 2018a), por lo tanto los datos de intensidad energética de los usos finales de energía deben ir sobre una base percapita, es decir, por hogar, además cuando se ingresa a LEAP variables de intensidad de energía final son interpretadas como valores anuales por hogar.

7.5. Prospectiva de la demanda de energía

7.5.1. Caso Chitagá

La evolución de la demanda energética en el sector residencial para los tres escenarios propuestos se muestra en la Figura 36.

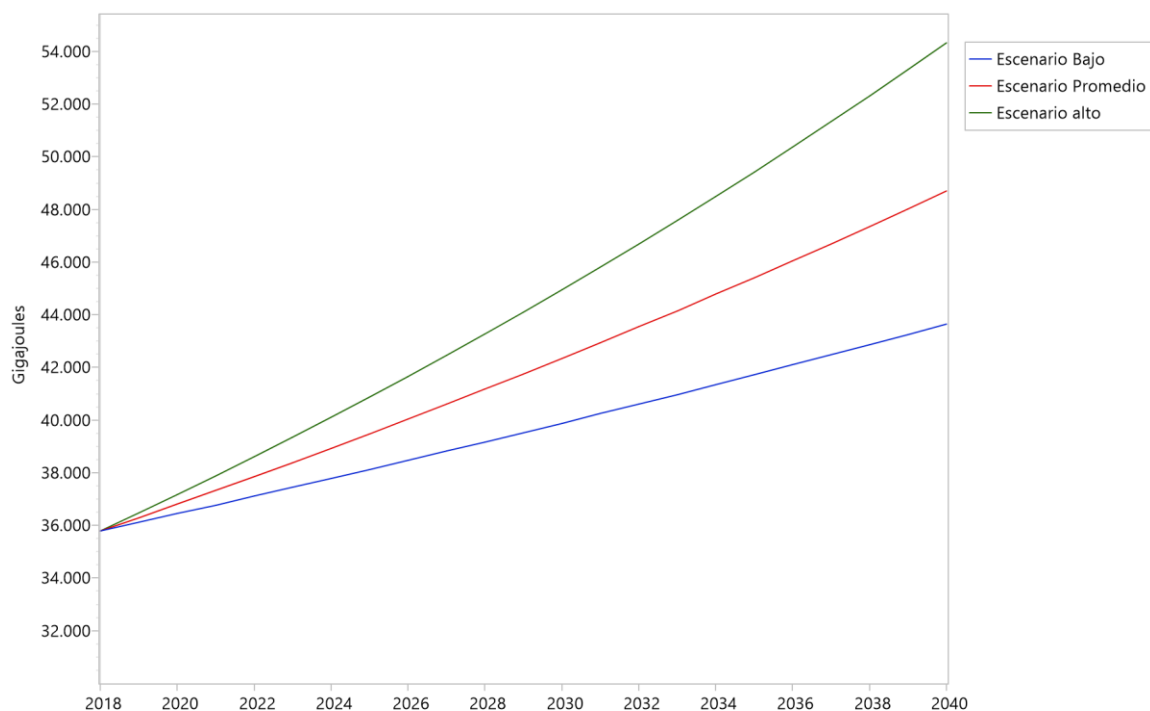


Figura 36. Demanda de energía en el sector residencial para los tres escenarios caso Chitagá.

La proyección de demanda del sector residencial de Chitagá para los años 2021 y 2040 se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. Proyección de la demanda del sector residencial Chitagá.

Escenario	Base (GJ)	Proyección de demanda (GJ)	
	2018	2021	2040
Alto	35.795,7	37.891,1	54.332,7
Promedio	35.795,7	37.329,5	48.697,4
Bajo	35.795,7	36.775,7	43.641,8

Como era de esperarse el escenario alto, caracterizado por tener una tasa de crecimiento poblacional de 1,915 % presenta la mayor demanda de energía demostrando que a mayor número de habitantes o aumento del número de hogares, en consecuencia, aumenta la demanda de energía.

La proyección de la demanda de energía residencial urbana y rural de Chitagá del escenario promedio se puede observar en la Figura 37 donde muestra que los hogares rurales presentan un mayor consumo energético, esta diferencia de consumo energético se debe a que el 66% de los habitantes de Chitagá se encuentran en zonas rurales y el 34% en zonas urbanas (DANE, 2018a).

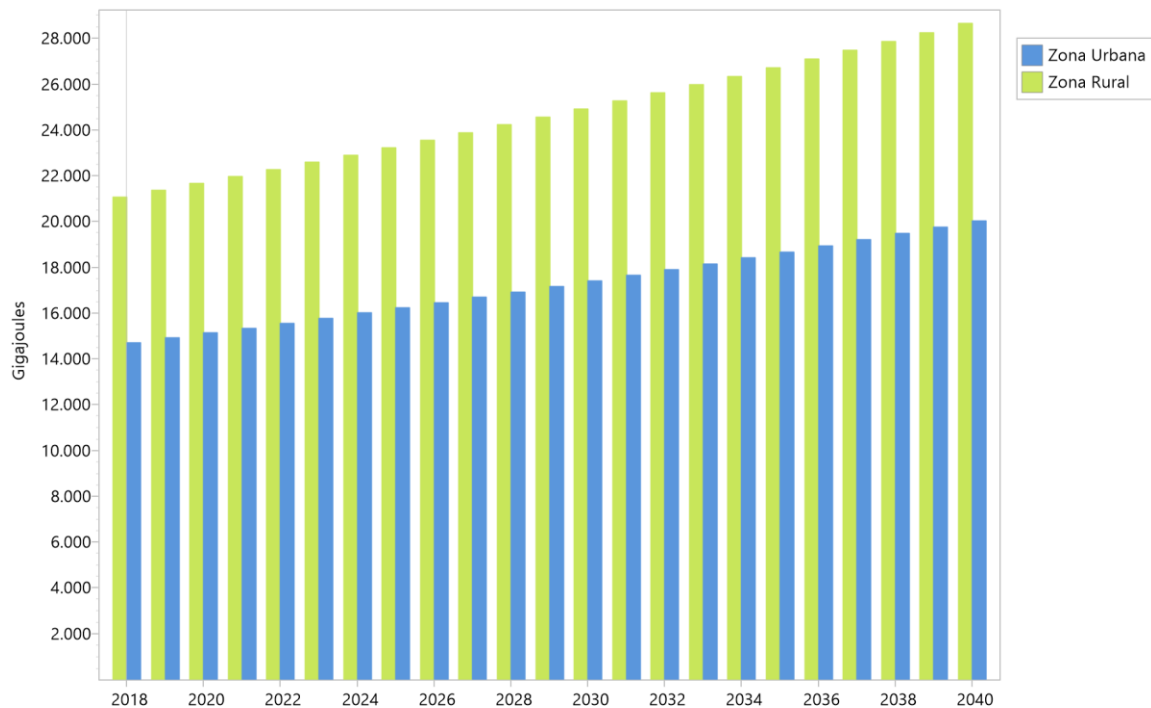


Figura 37. Prospectiva del consumo de energía residencial del sector urbano y rural de Chitagá.

Los resultados indican un consumo total futuro de 35.795,1 GJ del año base a 48.697,4 GJ al 2040 equivalente a un incremento del 36% con respecto al año base.

La demanda de energía (electricidad y calor) residencial por zona se muestra en el Apéndice B, donde la demanda de electricidad está representada por su consumo en el uso de iluminación, refrigeración, calentamiento de agua y otros usos y la demanda de calor está representada por el consumo de su uso en la cocción y calentamiento de agua.

El consumo de electricidad residencial en kWh proyectados para el año 2020, 2021 y 2040 se muestran en la Tabla 19 para cada escenario.

Tabla 19. Consumo de electricidad año 2020,2021 y 2040 Chitagá.

Escenario	2020	2021	2040
Escenario Bajo	2.409.573,7	2.431.380,3	2.885.319,7
Escenario Promedio	2.433.704,4	2.467.995,3	3.219.569,8
Escenario alto	2.458.051,9	2.505.123,6	3.592.139,8

Al comparar los datos proyectados con los datos históricos de los años 2020 y 2021 que se presentan en la figura 8, se observó que estos se encuentran entre el escenario bajo y alto, por lo tanto, los valores proyectados para el escenario promedio representan la demanda posible de electricidad en el futuro.

La Tabla 20 muestra la demanda de electricidad para el periodo 2018-2040 para cada uno de los escenarios.

Tabla 20. Demanda de electricidad 2018-2040 para cada escenario.

Año	Demanda de electricidad kWh		
	Escenarios		
	Bajo	Promedio	Alto
2018	2.366.545,4	2.366.545,4	2.366.545,4
2019	2.387.962,6	2.399.890,0	2.411.864,7
2020	2.409.573,7	2.433.704,4	2.458.051,9
2021	2.431.380,3	2.467.995,3	2.505.123,6
2022	2.453.384,3	2.502.769,4	2.553.096,7
2023	2.475.587,4	2.538.033,4	2.601.988,5
2024	2.497.991,5	2.573.794,3	2.651.816,6
2025	2.520.598,3	2.610.059,1	2.702.598,9
2026	2.543.409,7	2.646.834,8	2.754.353,7
2027	2.566.427,6	2.684.128,7	2.807.099,6
2028	2.589.653,8	2.721.948,1	2.860.855,5
2029	2.613.090,1	2.760.300,3	2.915.640,9
2030	2.636.738,6	2.799.193,0	2.971.475,4
2031	2.660.601,1	2.838.633,6	3.028.379,2
2032	2.684.679,5	2.878.629,9	3.086.372,6
2033	2.708.975,9	2.919.189,8	3.145.476,7
2034	2.733.492,1	2.960.321,2	3.205.712,5

2035	2.758.230,2	3.002.032,1	3.267.101,9
2036	2.783.192,2	3.044.330,8	3.329.666,9
2037	2.808.380,1	3.087.225,4	3.393.430,1
2038	2.833.795,9	3.130.724,4	3.458.414,2
2039	2.859.441,8	3.174.836,3	3.524.642,9
2040	2.885.319,7	3.219.569,8	3.592.139,8

En el sector residencial la generación de calor está representada por su uso final ya sea para cocción o calentamiento de agua.

Las Figuras 38 y 39 muestran la demanda de energía para el uso final de calentamiento de agua por combustible y zona (urbana y rural). En la zona urbana para calentamiento de agua utilizan gas natural y energía eléctrica, en el grafico se destaca el gas natural como el combustible principal para dicho uso. En la zona rural para el calentamiento de agua solo utilizan la energía eléctrica.

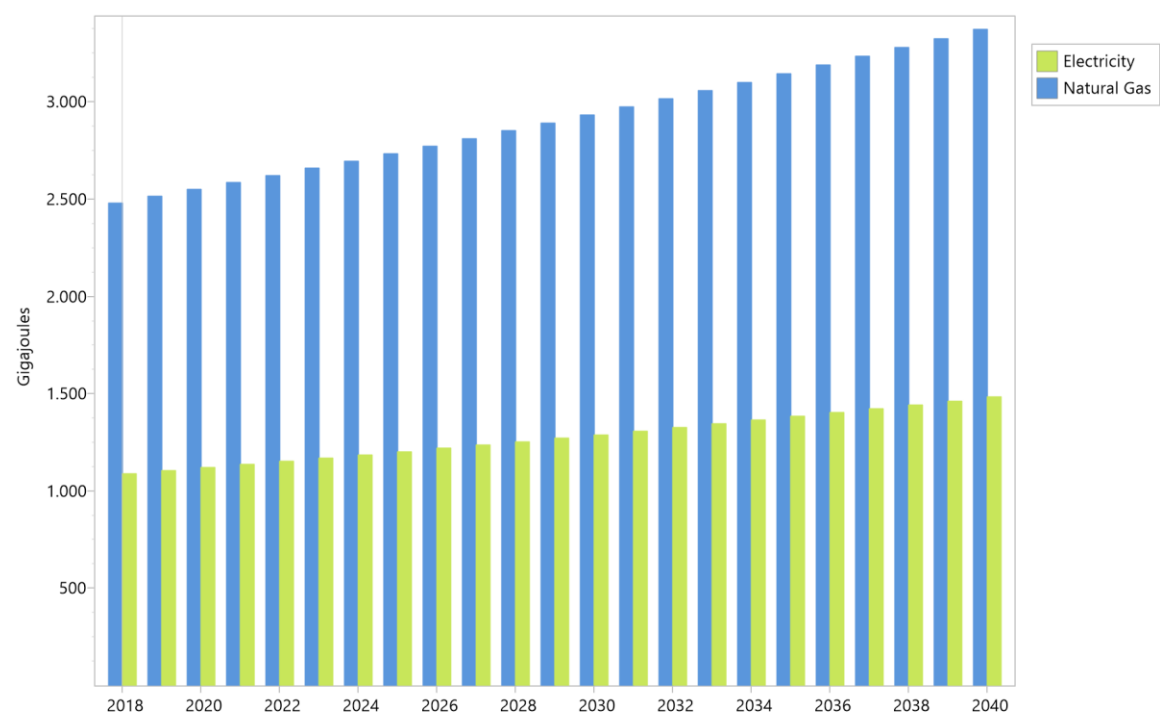


Figura 38. Demanda de energía para calentamiento de agua zona urbana de Chitagá.

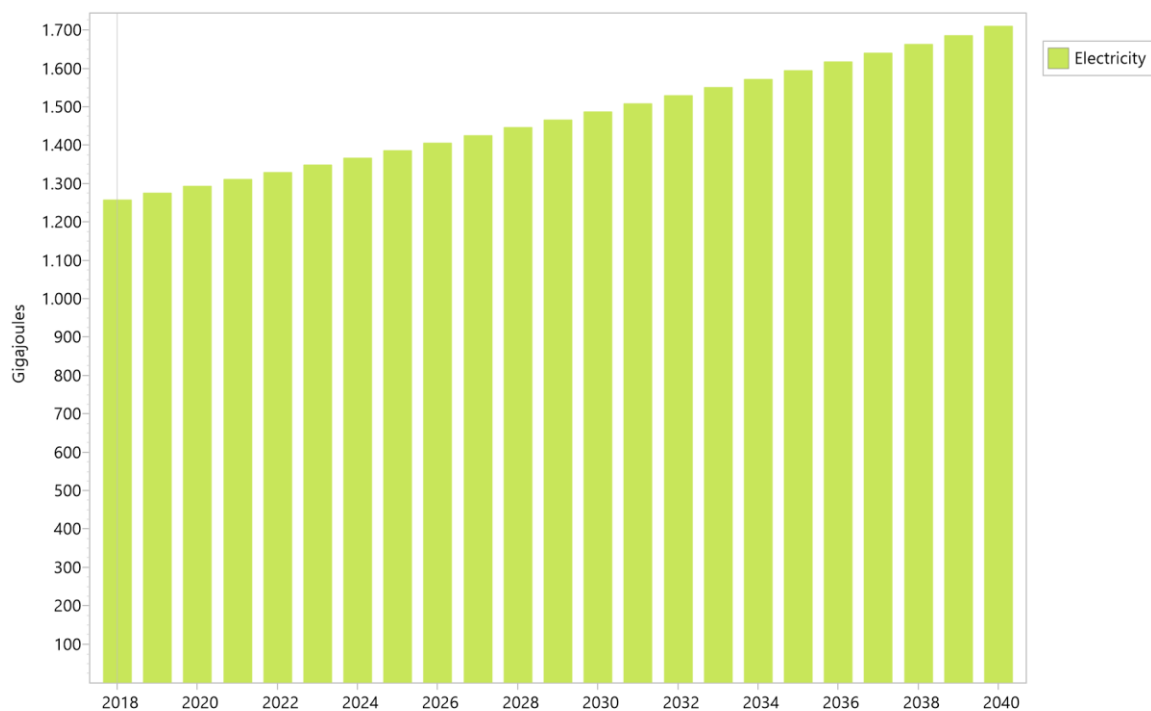


Figura 39. Demanda de energía para calentamiento de agua zona Rural de Chitagá.

Respecto a la cocción en la zona urbana utilizan gas natural, gas propano y leña, la demanda de energía para este uso se muestra en el Figura 40 donde se destaca el gas natural como combustible principal para la cocción su consumo pasa de 6.198,6 GJ en el 2018 a 8.200,2 GJ en el 2040.

En la zona rural el combustible principal para la cocción es el gas propano, en el 2018 se usó aproximadamente 21.426,2 GJ de energía de este combustible y para el 2040 se necesitará 23.963,8 GJ de energía para suplir esta necesidad. La demanda de energía para la cocción en la zona rural se muestra en el Figura 41.

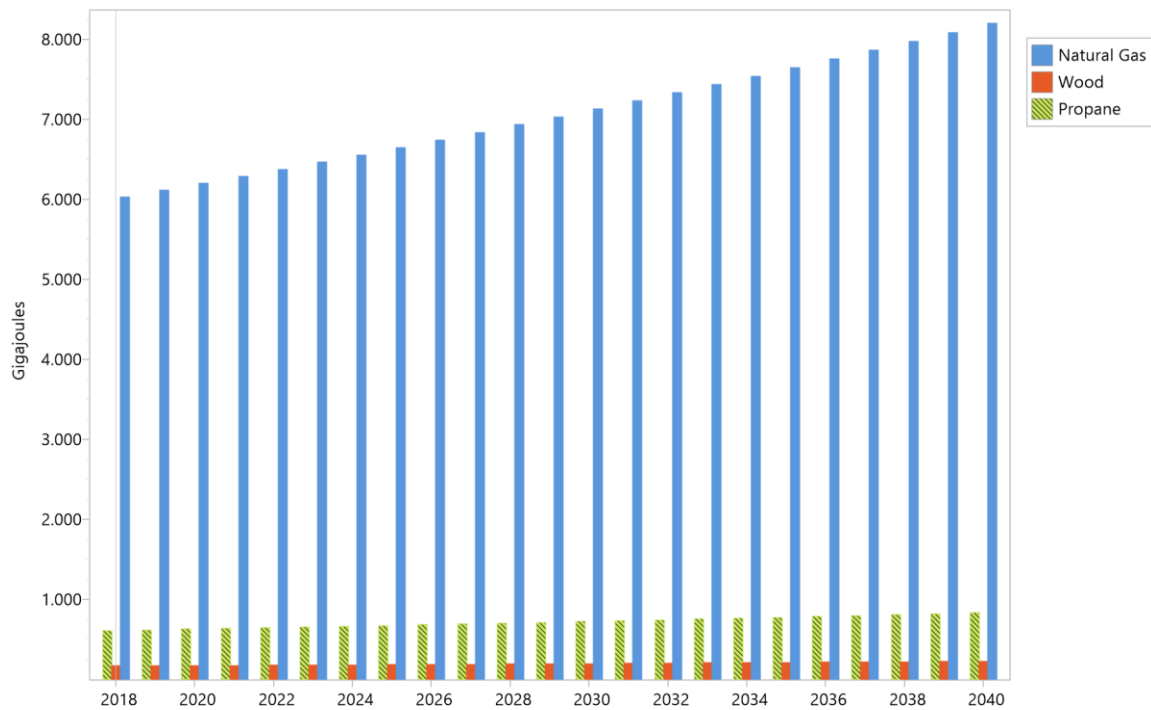


Figura 40. Demanda de energía para cocción zona urbana de Chitagá.

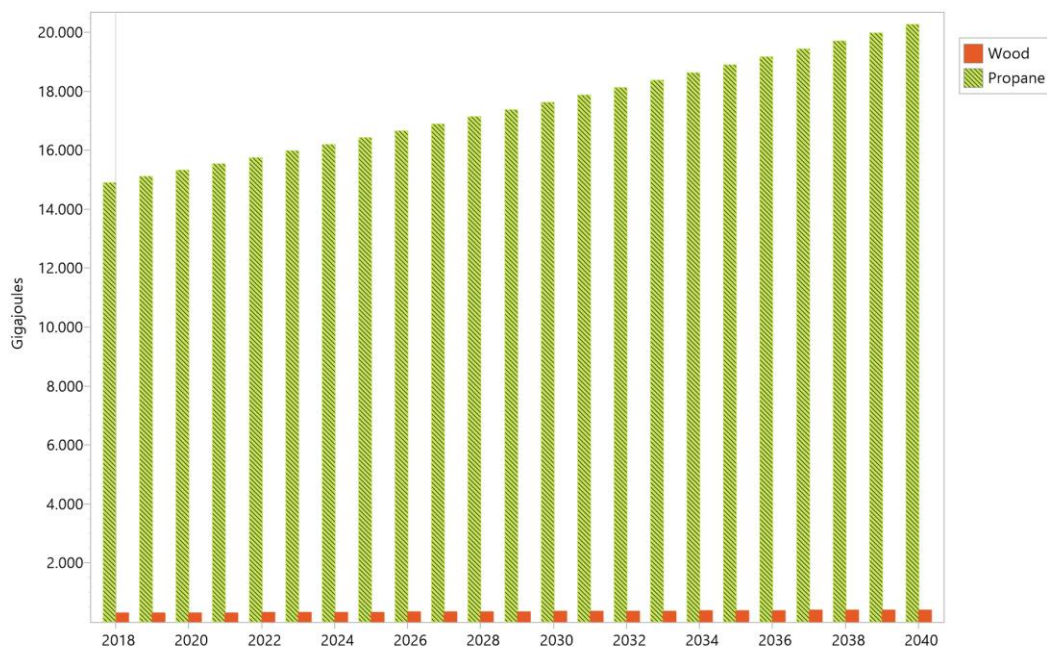


Figura 41. Demanda de energía para cocción zona rural de Chitagá.

La demanda de energía para la cocción de alimentos en Chitagá es de 24.780,2 GJ en el 2018 y esta asciende a 33.713,1 GJ en el 2040, de los cuales 717,2 GJ son por el consumo de Leña, el uso de este combustible representa un impacto ambiental por diversas causas una de ellas es la deforestación por el uso de vegetación como fuente de energía para la cocción, adicionalmente el proceso de combustión es ineficiente debido al tipo de cocina o estufa usada, como consecuencia se libera dióxido de carbono causando un impacto ambiental e implicaciones sobre la salud humana produciendo enfermedades de tipo respiratorio como asma, bronquitis, pulmonía, entre otras. Es importante ampliar las investigaciones en este campo con el fin de determinar con exactitud los daños ambientales y de salud causados por el uso de leña para la cocción de alimentos, para implementar estrategias de mitigación y reemplazo de dicho combustible por soluciones más eficientes y sostenibles.

7.5.2. Caso Pamplona

La evolución de la demanda energética en el sector residencial de Pamplona para los tres escenarios propuestos se muestra en la Figura 42.

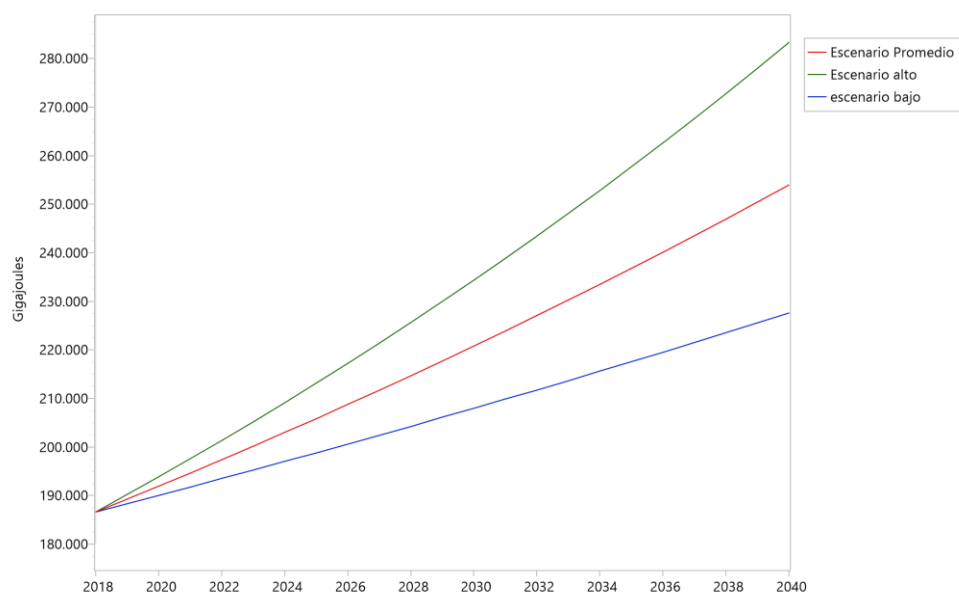


Figura 42. Demanda de energía en el sector residencial para los tres escenarios caso Chitagá.

La proyección de demanda del sector residencial de Pamplona para el 2040 se muestra en la Tabla 21 y los resultados indican un consumo total futuro de 186.666,8 GJ del año base a 253.338,5 GJ al 2040 equivalente a un incremento del 35,7 % con respecto el año base.

Tabla 21. Proyección de la demanda del sector residencial Chitagá.

Escenario	Base	Proyección de demanda (GJ)
	2018	2040
Alto	186.666,8	253.951,1
Promedio	186.666,8	253.338,5
Bajo	186.666,8	227.586,4

La demanda de energía residencial por zona se muestra en el Apéndice C, donde la demanda de electricidad está representada por su consumo en el uso de iluminación, refrigeración, calentamiento de agua y otros usos y la demanda de calor está representada por el consumo de su uso en la cocción y calentamiento de agua.

En la Figura 43 se muestra la proyección de la demanda residencial urbana y rural de Pamplona del escenario promedio, en él se puede observar que los hogares urbanos presentan un mayor consumo energético con respecto a los hogares rurales, esto se debe a que el 91,6% de la población pamplonés se encuentra en la zona urbana y la restante en la zona rural (DANE, 2018a).

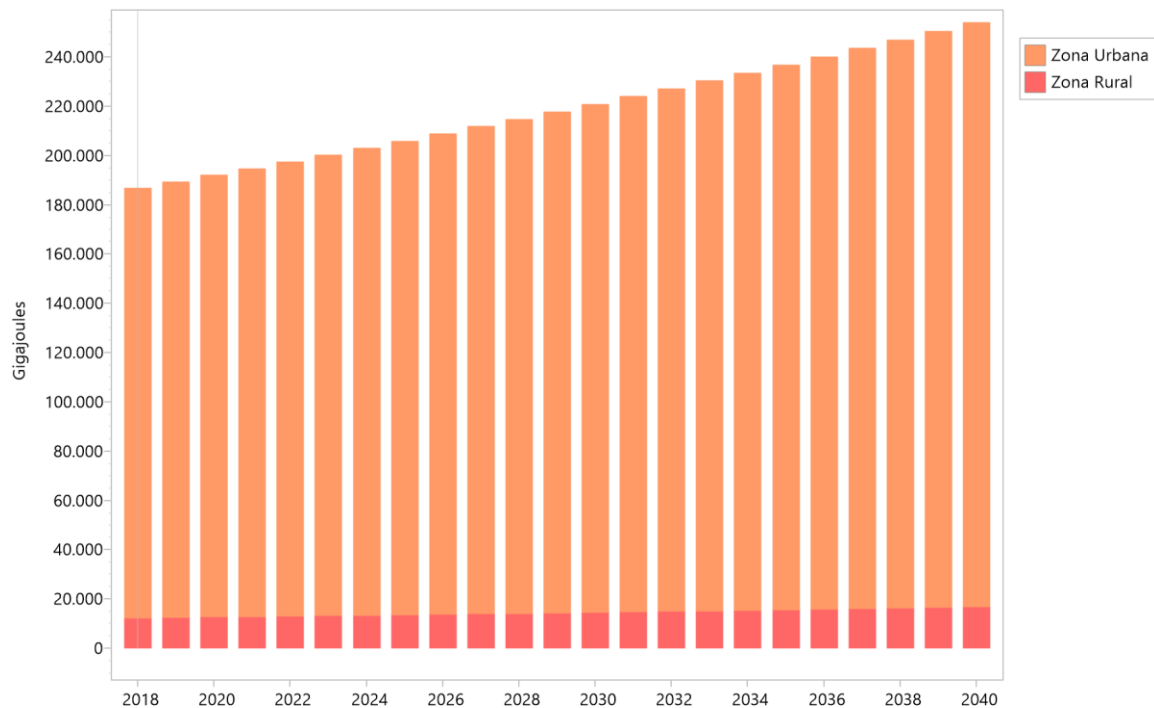


Figura 43. Prospectiva del consumo de energía residencial del sector urbano y rural Caso Pamplona.

El consumo de electricidad residencial en kWh proyectados para el año 2021 y 2040 se muestran en la Tabla 22 para cada escenario.

Tabla 22. Consumo de electricidad año 2021 y 2040 Pamplona

Escenario	2021	2040
Escenario bajo	19.302.613,8	22.906.417,4
Escenario Promedio	19.593.298,9	25.560.012,7
Escenario alto	19.888.058,5	28.517.828,7

La Tabla 23 muestra la demanda de electricidad para el periodo 2018-2040 para cada uno de los escenarios.

Tabla 23. Demanda de electricidad 2018-2040 para cada escenario.

Año	Demanda de electricidad kWh		
	Escenarios		
	Promedio	Alto	Bajo
2018	18.787.892,3	18.787.892,3	18.787.892,3
2019	19.052.613,7	19.147.680,5	18.957.922,7
2020	19.321.065,0	19.514.358,5	19.129.491,9
2021	19.593.298,9	19.888.058,5	19.302.613,8
2022	19.869.368,4	20.268.914,8	19.477.302,5
2023	20.149.327,8	20.657.064,5	19.653.572,1
2024	20.433.231,9	21.052.647,3	19.831.436,9
2025	20.721.136,1	21.455.805,5	20.010.911,4
2026	21.013.096,9	21.866.684,2	20.192.010,2
2027	21.309.171,4	22.285.431,2	20.374.747,9
2028	21.609.417,7	22.712.197,2	20.559.139,3
2029	21.913.894,4	23.147.135,8	20.745.199,5
2030	22.222.661,1	23.590.403,4	20.932.943,6
2031	22.535.778,4	24.042.159,7	21.122.386,7
2032	22.853.307,5	24.502.567,0	21.313.544,3
2033	23.175.310,7	24.971.791,2	21.506.431,9
2034	23.501.850,8	25.450.001,0	21.701.065,1
2035	23.832.991,9	25.937.368,5	21.897.459,8
2036	24.168.798,7	26.434.069,1	22.095.631,8
2037	24.509.337,1	26.940.281,5	22.295.597,2
2038	24.854.673,6	27.456.187,9	22.497.372,4
2039	25.204.876,0	27.981.973,9	22.700.973,6
2040	25.560.012,7	28.517.828,7	22.906.417,4

En el sector residencial la generación de calor está representada por su uso final ya sea para cocción o calentamiento de agua.

Las Figuras 44 y 45 muestran la demanda de energía para el uso final de calentamiento de agua por combustible y zona (urbana y rural). En la zona urbana para calentamiento de agua utilizan gas natural y electricidad, siendo la electricidad el combustible con mayor demanda, es decir es el más usado por los habitantes de Pamplona para dicho uso.

En la zona rural para el calentamiento de agua solo utilizan la electricidad para dicho uso.

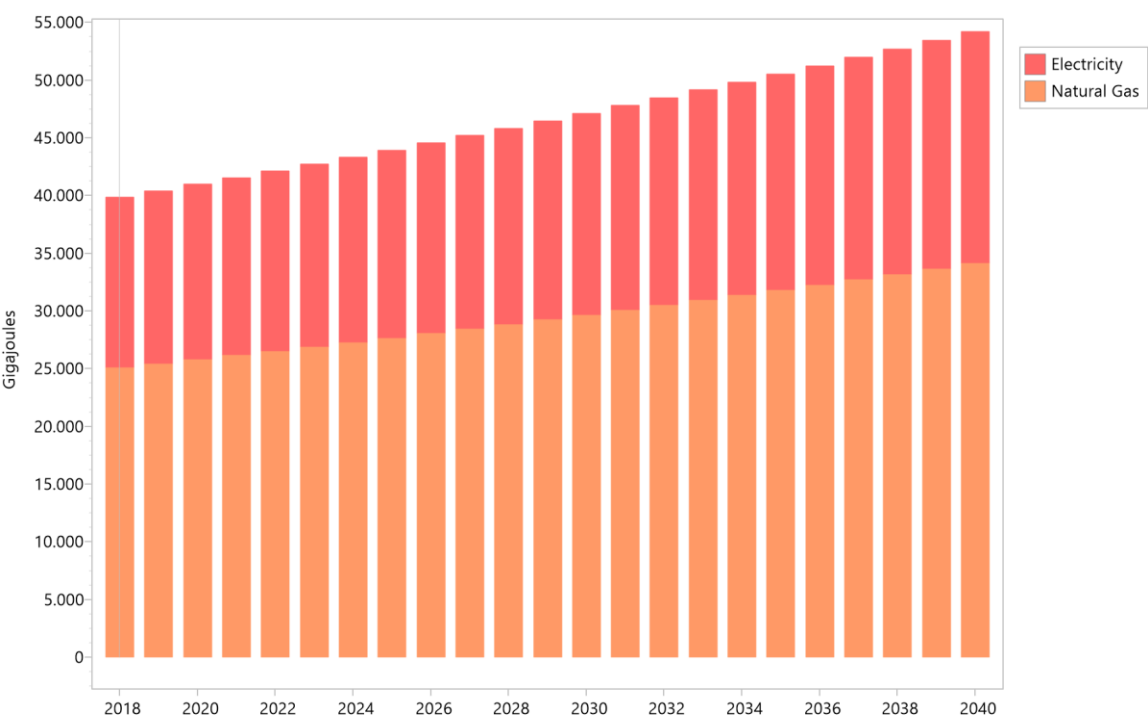


Figura 44. Demanda de energía para calentamiento de agua zona urbana de Pamplona.

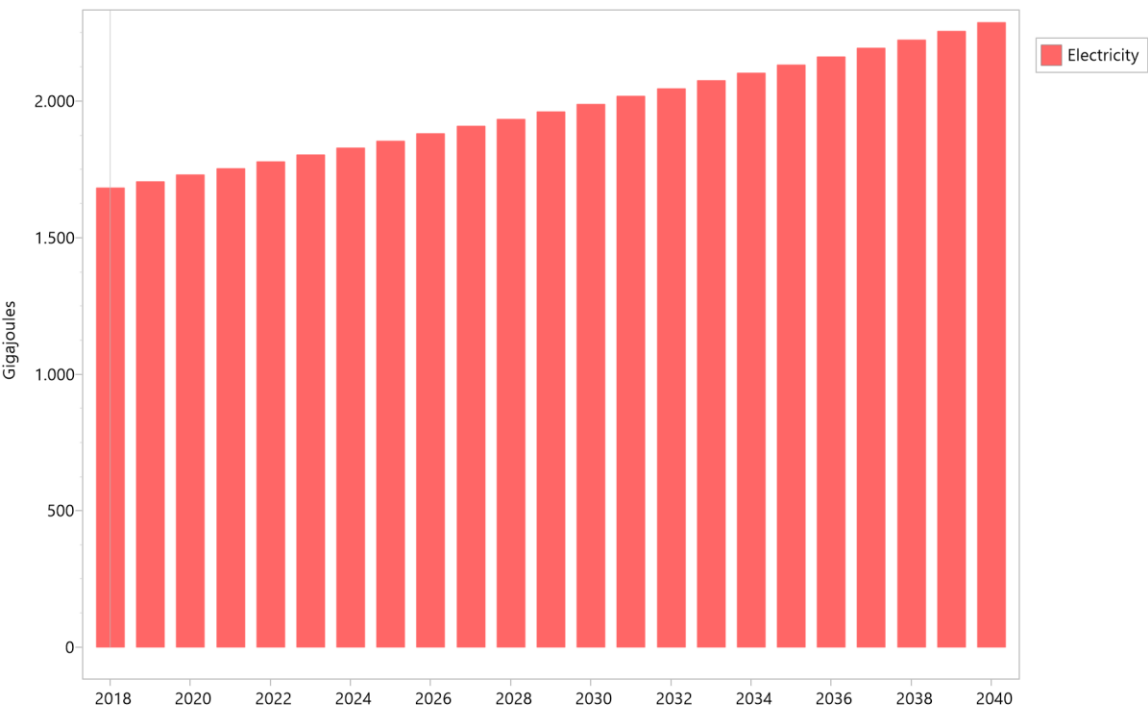


Figura 45. Demanda de energía para calentamiento de agua zona rural de Pamplona.

Para la cocción en la zona urbana utilizan gas natural y gas propano, la demanda de energía por combustible para este uso se muestra en el Figura 46 donde se destaca el gas natural como el principal combustible usado para la cocción, la energía usada en el 2018 para la cocción aproximadamente fue de 85.504,8 GJ y para el 2040 se necesitaría 116.325 GJ para suplir esta necesidad.

En la zona rural utilizan gas natural como combustible principal para la cocción de alimentos, seguido del gas propano y de la leña, su demanda de energía se muestra en la Figura 47 donde para el año base se necesito 8.417 GJ para suplir esta necesidad en la zona rural de Pamplona y se necesitara un valor de 11.451 GJ para el año 2040.

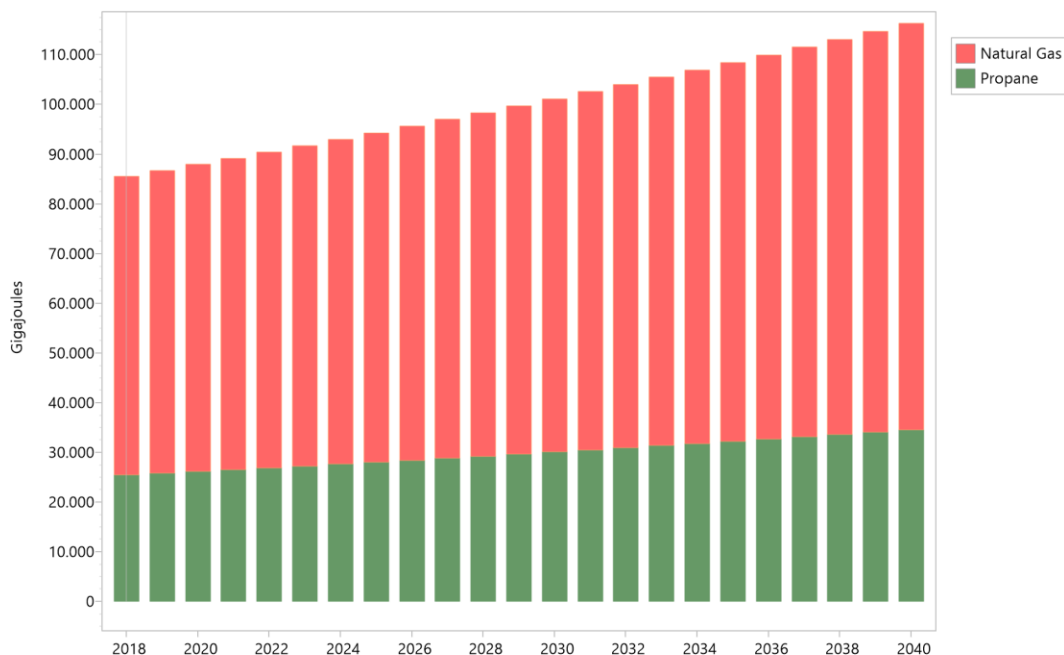


Figura 46. Demanda de energía para cocción zona urbana de Pamplona.

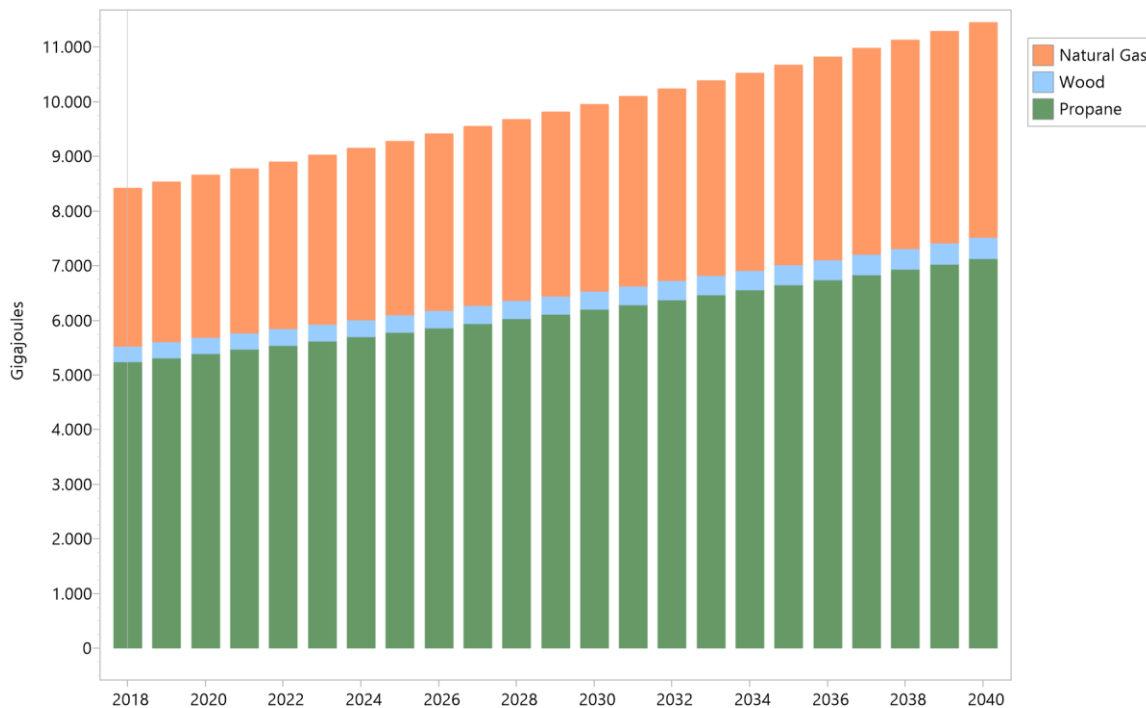


Figura 47. Demanda de energía para cocción zona rural de pamplona.

De la energía total destinada para el uso de la cocción en la zona rural del municipio de Pamplona representada por 10.677,3 GJ en el año base de ese total de energía la leña representa 365,6 GJ de energía, igual que en el caso de Chitagá, la leña es un combustible usada especialmente para la cocción de alimentos en especial en las zonas rurales, su uso representa impactos dentro de los ecosistemas y en la salud humana, además de que es un combustible ineficiente en comparación con el gas propano o el gas natural.

8. CONCLUSIONES

A la hora de analizar las encuestas se encontró que en algunas viviendas existen actividades comerciales, es decir hacen uso de algunos equipos industriales como hornos rotatorios o refrigeradores de gran volumen, afectando el comportamiento de la demanda de energía residencial porque en dichos hogares se presenta un consumo de energía superior al promedio residencial.

Para cada caso de estudio se establecieron tres escenarios en función de la tasa de crecimiento poblacional histórica para determinar la demanda, la diferencia de demanda total entre los escenarios usados no es muy marcada, lo cual indica que el comportamiento de la demanda de energía de cierta forma es muy estable; en ambos casos de estudio se presentó un crecimiento de aproximadamente del 36% en el consumo de energía del sector residencial proyectado al año 2040 con respecto al año 2018 a una tasa promedio de 1,409% anual, esto como consecuencia del aumento poblacional y el nivel de vida que se alcance a futuro. Chitagá pasará de consumir 35.795,1 GJ año a 48.697,4 GJ y Pamplona pasará de consumir 186.666,8 GJ año a 253.338,5 GJ año en el periodo 2018-2040.

El trabajo de investigación permitió proyectar la demanda de electricidad y calor de los casos de estudio (municipios de Chitagá y Pamplona) hasta el año 2040, segregándola por sector (urbano y rural), Uso final (Cocción, refrigeración, calentamiento de agua, iluminación y otros usos) y combustible; los resultados pueden ser usados como datos de entrada para cuando se requiera planificar a mediano o largo plazo ejecutar proyectos de energía en esas zonas, de esta forma contribuir en la toma de decisiones o en la planificación de que tecnologías de conversión de energía renovables se pueden aplicar en los casos de estudio o poblaciones con características y clima similares.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar este tipo de estudio en proyecciones de demanda hacia otros sectores como el sector industrial y comercial, además de realizar la demanda de los diversos sectores en otros municipios y ciudades del país con el fin de que se tomen acciones adecuadas para mitigar la demanda excesiva de energía, es decir la demanda de recursos energéticos.
- Como resultado del trabajo de investigación se obtuvo un acercamiento deductivo de lo que podría ser la demanda de energía a futuro de los municipios de Chitagá y Pamplona, sin embargo, es importante destacar que la información sobre consumo en las zonas rurales es escasa en comparación con la información disponible de las zonas urbanas, por lo que es importante y se recomienda realizar un mayor acercamiento para disponer de datos orientados a la realidad de las zonas rurales de los municipios.
- Se recomienda realizar estudios periódicos sobre demanda usando escenarios en donde no solo se incluya el cambio en la tasa poblacional sino también factores como: economía, aumento o disminución en el consumo energético, cambios de tecnologías, políticas o normas de uso racional y eficiente de la energía, entre otros factores.

10. REFERENCIAS

- Alizadeh, R., Soltanisehat, L., Lund, P. D., & Zamanisabzi, H. (2020). Improving renewable energy policy planning and decision-making through a hybrid MCDM method. *Energy Policy*, 137(December 2019), 111174. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111174>
- Banco mundial. (2020). *Energía*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview#1>
- Bhattacharyya, S. C. (2012). Review of alternative methodologies for analysing off-grid electricity supply. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 677–694. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.033>
- bp. (2021). *Statistical Review of World Energy 2021*. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
- Cantoni Rabolini, N. M. (2009). Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa. *Revista Argentina de Humanidades y Ciencias Sociales*, 7. https://www.sai.com.ar/metodologia/rahycs/rahycs_v7_n2_06.htm
- Connolly, D., Lund, H., Mathiesen, B. V., & Leahy, M. (2010). A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems. *Applied Energy*, 87(4), 1059–1082. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.09.026>
- DANE. (2018a). *Censo Nacional de Población y vivienda 2018*. <https://sitios.dane.gov.co/cnpv/#!/>
- DANE. (2018b). *Proyecciones de los Componentes del Cambio Demográfico por Área a nivel Nacional 2018-2070 y Departamental 2018-2050*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- DANE. (2018c). *Proyecciones municipal de población por área, para el periodo 2018-2035*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- DANE. (2020). *Proyecciones y Retroproyecciones de Población para el periodo 1985-2017*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Dávila, G. (2018). Aplicación del muestreo sistemático en áreas rurales de poca accesibilidad de la Amazonía ecuatoriana: El uso de la fotografía aérea en el muestreo sistemático. *Revista Universitaria de Geografía*, 27, 29–48. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652018000100003&lng=es&tlng=es
- Elías, R. (2008). *Cómo Determinar el Tamaño de una muestra Aplicada a la investigación*. Monografías. <https://www.monografias.com/trabajos60/tamano-muestra-archivistica/tamano-muestra-archivistica2>
- Fontalvo, J., Ramírez, P., & Constante, J. (2018). Prospectiva de Autogeneración en el Ecuador mediante uso de Modelo LEAP. *Revista Técnica “Energía,”* 15(1).

<https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v15.n1.2018.323>

- Françoise, D. (1992). El metodo de muestreo de areas con base en imagenes de satelite: una solución para la observación de las poblaciones urbanas. *Estudios Geograficos*, 21(3), 10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.03.016%0Ahttp://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/facultadagronomia/2000wilsonmg2.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.01.012%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.04.022%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2005.10.001>
- Gallego, F. J. (2005). Stratified sampling of satellite images with a systematic grid of points. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 59(6), 369–376. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2005.10.001>
- Huang, Y., Bor, Y. J., & Peng, C. Y. (2011). The long-term forecast of Taiwan's energy supply and demand: LEAP model application. *Energy Policy*, 39(11), 6790–6803. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.10.023>
- Huang, Z., Yu, H., Peng, Z., & Zhao, M. (2015). Methods and tools for community energy planning: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42(4800), 1335–1348. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.042>
- International Energy Agency. (2015). Indicadores de Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas. *Agencia Internacional de Energía*, 182. <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00333.pdf>
- Iribarren, D., Martín-Gamboa, M., Navas-Anguila, Z., García-Gusano, D., & Dufour, J. (2020). Influence of climate change externalities on the sustainability-oriented prioritisation of prospective energy scenarios. *Energy*, 196, 117179. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117179>
- Minciencias. (2020). *Convocatoria para el fortalecimiento de CTeI en Instituciones de Educación Superior*. <https://minciencias.gov.co/convocatorias/programa-y-proyectos-ctei/convocatoria-para-el-fortalecimiento-ctei-en-instituciones>
- Ministerio de Ambiente. (2021). *Colombia País de Montañas*. <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/2170-colombia-pais-de-montanas>
- Decreto 2331 de 2007, (2007). <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/d9fab21a2a6fa6130525785a007a72f5?OpenDocument>
- Mirjat, N. H., Uqaili, M. A., Harijan, K., Walasai, G. Das, Mondal, M. A. H., & Sahin, H. (2018). Long-term electricity demand forecast and supply side scenarios for Pakistan (2015–2050): A LEAP model application for policy analysis. *Energy*, 165, 512–526. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.10.012>
- Morales-Rivas, M., Otero Garcia, J., Hammen, T. van der, Torres Perdigón, A., Cadena Vargas, C. E., Pedraza Peñaloza, C. A., Rodríguez Eraso, N., Franco Aguilera, C. A., Betancourth Suárez, J. C., Olaya Ospina, É., Posada Gilede, E., & Cárdenas Valencia, L. (2007). *Atlas de Páramos de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/35044>

- Nieves, J. A., Aristizábal, A. J., Dyner, I., Báez, O., & Ospina, D. H. (2019). Energy demand and greenhouse gas emissions analysis in Colombia: A LEAP model application. *Energy*, 169, 380–397. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.051>
- Poveda, M. (2007). Eficiencia Energética : Recurso No Aprovechado. *Olade*, 1–19. <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0054.pdf>
- Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2020). *Energy*. OurWorldInData.Org. <https://ourworldindata.org/energy>
- SEPSE. (2019). Metodología para la Determinación de Curvas de Carga y Consumo Eléctrico Residencial por Uso. *Universidad de Costa Rica*, 1–113. <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00912.pdf>
- SIEL. (2018). *Indice de Cobertura de Energía Eléctrica- ICEE 2018*. <http://www.siel.gov.co/Inicio/CoberturaDelSistemaInterconectadoNacional/ConsultasEstadisticas/tabid/81/Default.aspx>
- SUI. (2003a). *Consolidado energía por empresa, departamento y municipio*. <https://sui.superservicios.gov.co/Reportes-del-sector/Energia/Reportes-comerciales/Consolidado-Energia-por-Empresa-Departamento-y-Municipio>
- SUI. (2003b). *Consumos residenciales facturados por municipio*. <https://sui.superservicios.gov.co/Reportes-del-sector/Gas-natural/Reportes-comerciales/Consumos-residenciales-facturados-por-municipio>
- SUI. (2022). *Herramienta O3*. http://bi.superservicios.gov.co/o3web/browser/showView.jsp?viewDesktop=true&source=SUUI_COMERCIAL_ENERGIA/VISTA_FACTURACION_ENERGIA%23_public
- Universidad Nacional. (2017). *Identificación de los elementos y requisitos mínimos necesarios para la formulación, estructuración e implementación de un observatorio de energía que recopile y analice información que conduzca a oportunidades de innovación para lograr los objetivos del*. 1–90. <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1172>
- van Beeck, N., van Groenendaal, W., van Helden, W., & Ouwens, C. D. (2000). A New Method for Local Energy Planning in Developing Countries. In *World Renewable Energy Congress VI*. <https://doi.org/10.1016/b978-008043865-8/50538-9>
- Vanegas López, J. G., & Cataño Rojas, J. G. (2012). Modelos de gestión energética: revisión de algunas experiencias internacionales y perspectivas para Colombia. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 4(6), 77. <https://doi.org/10.22430/21457778.49>

11. APENDICES

Apéndice A. Plantilla del cuestionario de la encuesta.

	Estimación de la Demanda de Electricidad y Calor con Proyección al Año 2040 para dos casos de estudio del Páramo de Santurbán.
---	--

CUESTIONARIO

Buenos días, tardes, mi nombre es Diana Ortiz, soy estudiante de ingeniería química de la Universidad de Pamplona y estoy realizando un estudio sobre consumo y uso de energía en el municipio. Estoy pidiendo colaboración con esta encuesta donde sus respuestas tendrán un tratamiento responsable y serán utilizados con fines estadísticos y académicos.

Nº Formulario: Fecha Encuesta:

1. IDENTIFICACIÓN DE LA VIVIENDA

1. Nombre del Encuestado:

Municipio:

2. Ubicación Vivienda

Marque con una x según corresponda, en caso de pertenecer al casco urbano especificar dirección y barrio, en caso de que se encuentre en una vereda especificar el nombre.

Casco Urbano ☐

Vereda ☐

Dirección:

Barrio:

Nombre vereda:

3. Caracterización de la vivienda

3.1. Tipo de vivienda:

Casa ☐

Apartamento en edificio ☐

Otro, ¿Cuál?

3.2. ¿Cuántas personas componen el hogar?

3.3. Uso de la vivienda:

Residencial ☐

Residencial/comercial ☐

Residencial/cultivos ☐

Otro, ¿Cuál?

4. Identificación Uso de Energía

4.1. ¿La vivienda utiliza servicio de energía eléctrica?

SI ☐ NO ☐

4.2. ¿Podría facilitarme un recibo de pago?

SI ☐ NO ☐

Si la respuesta es sí diligenciar:

Periodo Facturado:

Valor pagado



Estimación de la Demanda de Electricidad y Calor con Proyección al Año 2040 para dos casos de estudio del Páramo de Santurbán.

Consumo KWh

Promedio de los
últimos seis meses

Estrato Socioeconómico

4.2. ILUMINACIÓN

4.2.1. ¿Cuál es la fuente de iluminación principal que usa?

Energía Eléctrica ☐

Lámpara de Gas Propano ☐

Lámpara de Kerosene ☐

Lámpara de gasolina ☐

Velas ☐

Pilas o Baterías ☐

Otro, ¿cuál? _____

4.2.2. En promedio ¿cuántas horas al día utiliza esta fuente?

Horas:

4.2.2. Indique el tipo, número y horas de uso de los bombillos que usa para la iluminación de la vivienda

Características			Rango de uso			
Tipo	Número	Potencia (kw)	Mañana	Tarde	Noche	Horas totales de uso
Incandescentes						
Ahorraadores						
Fluorescentes						

4.4. REFRIGERACIÓN

4.4.1. ¿usa nevera o refrigeración?

SI ☐ NO ☐

4.4.2. Características (Tipo, Marca, volumen hace referencia al tamaño)

Tipo	Numero	Marca	Volumen
Nevera			
Nevera Congelador			
Congelador			



Estimación de la Demanda de Electricidad y Calor con Proyección al Año 2040 para dos casos de estudio del Páramo de Santurbán.

Otro

☐

4.5. ADECUACIÓN DE AMBIENTE (CALOR)

4.5.1. ¿Usa algún sistema para agua caliente o Calefacción?

SI ☐

NO ☐

Si su respuesta es SI

4.5.2. ¿Qué tipo de sistema usa y cuantas horas de uso?

Tipo de sistema	Potencia kW	Tiempo de uso (min)
Ducha eléctrica		
Calentador a gas		
Calentador eléctrico		

4.6. USO DE ENERGÍA PARA COCCIÓN

Periodo Facturado

4.6.1. ¿Qué combustible por lo general usa para cocinar?

Valor Pagado

Gas propano ☐

Consumo m³

Energía Eléctrica ☐

Kerosene ☐

Promedio de los

Gasolina ☐

Últimos meses

Carbón vegetal ☐

Leña ☐

Gas Natural ☐

4.6.3. En caso de usar estufa eléctrica especificar la potencia

Otro. ¿Cuál?

W

4.6.2. ¿podría facilitarme un recibo del gas?

SI ☐

NO ☐

Si la respuesta es sí diligenciar:



Estimación de la Demanda de Electricidad y Calor con Proyección al Año 2040 para dos casos de estudio del Páramo de Santurbán.

4.6.4. ¿Cuánto gasta de combustible para cocinar en caso de que no tenga acceso a gas natural?

Combustible	Cantidad	Unidad	Cada (día, semana, mes)	Valor pagado por unidad.
Gas propano				
Kerosene/gasolina				
Carbón vegetal				
Leña				
Otro, ¿Cuál?				

Nota:

El gas propano se adquiere en cilindros de 20, 30, 40 y 100 libras

Kerosene: litros, galones, botellas (cm³)

Carbón vegetal: Kilogramos, Bultos (¿peso del bulto?)

Leña: kilogramos por día

4.6.5. ¿usa horno para la preparación de alimentos?

SI ☐ NO ☐

En caso de que la respuesta sea SI responda

¿Qué combustible utiliza para el horno?

Gas propano ☐

Energía Eléctrica ☐

Kerosene ☐

Gasolina ☐

Carbón vegetal ☐

Leña ☐

Otro, ¿Cuál?



Estimación de la Demanda de Electricidad y Calor con Proyección al Año 2040 para dos casos de estudio del Páramo de Santurbán.

En caso de que el Horno sea eléctrico especificar su potencia y frecuencia de uso:

Tipo de horno	Potencia	Cantidad	Frecuencia de uso (día, semanas, mes)	Minutos de uso diario
Convencional				
Microondas				
Dorador				

4.7. Uso de energía en aparatos eléctricos y electrónicos

4.7.1 ¿su hogar cuenta con los siguientes aparatos?, si cuenta con ellos especifique los demás items

Artefacto	Si	No	Cantidad	Especificaciones (potencia)	Tiempo de uso	Frecuencia (día/ semana/ mes)
Olla Arrocera						
Licuadaora						
Cafetera						
Sanduchera						
Plancha						
Lavadora						
Secadora						
Radio						
Televisor						
Teatro en casa						
DVD						
Secador de cabello						
Computador						
Telefono						
Otro, ¿Cuál?						

Apéndice B. Demanda

Residencial 2018-2040 por

zona y uso final caso

Chitagá.

Units: Gigajoules														
Branch	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Zona Urbana	14.724,6	14.932,1	15.142,5	15.355,8	15.572,2	15.791,6	16.014,1	16.239,8	16.468,6	16.700,6	16.935,9	17.174,6	17.416,5	17.661,9
Cocción	6.807,2	6.903,1	7.000,4	7.099,0	7.199,0	7.300,5	7.403,3	7.507,6	7.613,4	7.720,7	7.829,5	7.939,8	8.051,7	8.165,1
Gas Natural	6.027,6	6.112,5	6.198,6	6.286,0	6.374,5	6.464,4	6.555,4	6.647,8	6.741,5	6.836,5	6.932,8	7.030,5	7.129,5	7.230,0
Gas Propano	611,4	620,0	628,8	637,6	646,6	655,7	664,9	674,3	683,8	693,5	703,2	713,1	723,2	733,4
Leña	168,2	170,6	173,0	175,4	177,9	180,4	182,9	185,5	188,1	190,8	193,5	196,2	199,0	201,8
Iluminación	437,7	443,8	450,1	456,4	462,9	469,4	476,0	482,7	489,5	496,4	503,4	510,5	517,7	525,0
Electricidad	437,7	443,8	450,1	456,4	462,9	469,4	476,0	482,7	489,5	496,4	503,4	510,5	517,7	525,0
Refrigeración	1.119,0	1.134,7	1.150,7	1.166,9	1.183,4	1.200,0	1.217,0	1.234,1	1.251,5	1.269,1	1.287,0	1.305,1	1.323,5	1.342,2
Electricidad	1.119,0	1.134,7	1.150,7	1.166,9	1.183,4	1.200,0	1.217,0	1.234,1	1.251,5	1.269,1	1.287,0	1.305,1	1.323,5	1.342,2
Calentamiento de agua	3.570,8	3.621,1	3.672,1	3.723,9	3.776,3	3.829,5	3.883,5	3.938,2	3.993,7	4.050,0	4.107,0	4.164,9	4.223,6	4.283,1
Electricidad	1.090,7	1.106,1	1.121,7	1.137,5	1.153,5	1.169,8	1.186,2	1.203,0	1.219,9	1.237,1	1.254,5	1.272,2	1.290,1	1.308,3
Natural Gas	2.480,1	2.515,0	2.550,4	2.586,4	2.622,8	2.659,8	2.697,3	2.735,3	2.773,8	2.812,9	2.852,5	2.892,7	2.933,5	2.974,8
Otros usos	2.790,0	2.829,3	2.869,2	2.909,6	2.950,6	2.992,2	3.034,3	3.077,1	3.120,5	3.164,4	3.209,0	3.254,2	3.300,1	3.346,6
Electricidad	2.790,0	2.829,3	2.869,2	2.909,6	2.950,6	2.992,2	3.034,3	3.077,1	3.120,5	3.164,4	3.209,0	3.254,2	3.300,1	3.346,6
Zona Rural	21.070,5	21.367,3	21.668,4	21.973,7	22.283,3	22.597,3	22.915,7	23.238,6	23.566,0	23.898,0	24.234,8	24.576,2	24.922,5	25.273,7
Electrificada	18.284,3	18.541,9	18.803,2	19.068,1	19.336,8	19.609,2	19.885,5	20.165,7	20.449,8	20.738,0	21.030,2	21.326,5	21.627,0	21.931,7
Refrigeracion	912,9	925,8	938,8	952,0	965,5	979,1	992,8	1.006,8	1.021,0	1.035,4	1.050,0	1.064,8	1.079,8	1.095,0
Electricidad	912,9	925,8	938,8	952,0	965,5	979,1	992,8	1.006,8	1.021,0	1.035,4	1.050,0	1.064,8	1.079,8	1.095,0
Iluminación	619,8	628,6	637,4	646,4	655,5	664,7	674,1	683,6	693,2	703,0	712,9	723,0	733,2	743,5
Electricidad	619,8	628,6	637,4	646,4	655,5	664,7	674,1	683,6	693,2	703,0	712,9	723,0	733,2	743,5
Cocción	15.202,1	15.416,3	15.633,5	15.853,8	16.077,2	16.303,7	16.533,4	16.766,4	17.002,6	17.242,2	17.485,1	17.731,5	17.981,3	18.234,7
Propane	14.898,5	15.108,4	15.321,2	15.537,1	15.756,0	15.978,0	16.203,2	16.431,5	16.663,0	16.897,8	17.135,9	17.377,3	17.622,2	17.870,5
Leña	303,6	307,9	312,3	316,7	321,1	325,6	330,2	334,9	339,6	344,4	349,2	354,2	359,1	364,2
Calentamiento de agua	1.257,0	1.274,8	1.292,7	1.310,9	1.329,4	1.348,1	1.367,1	1.386,4	1.405,9	1.425,7	1.445,8	1.466,2	1.486,9	1.507,8
Electricidad	1.257,0	1.274,8	1.292,7	1.310,9	1.329,4	1.348,1	1.367,1	1.386,4	1.405,9	1.425,7	1.445,8	1.466,2	1.486,9	1.507,8
Otros usos	292,4	296,5	300,7	305,0	309,3	313,6	318,0	322,5	327,1	331,7	336,3	341,1	345,9	350,8
Electricidad	292,4	296,5	300,7	305,0	309,3	313,6	318,0	322,5	327,1	331,7	336,3	341,1	345,9	350,8
Non Electrificada	2.786,2	2.825,4	2.865,2	2.905,6	2.946,5	2.988,1	3.030,2	3.072,9	3.116,1	3.160,1	3.204,6	3.249,7	3.295,5	3.342,0
Iluminación	14,6	14,8	15,0	15,3	15,5	15,7	15,9	16,1	16,4	16,6	16,8	17,1	17,3	17,5
Energía Solar	14,6	14,8	15,0	15,3	15,5	15,7	15,9	16,1	16,4	16,6	16,8	17,1	17,3	17,5
Cocción	2.771,5	2.810,6	2.850,2	2.890,3	2.931,1	2.972,4	3.014,2	3.056,7	3.099,8	3.143,5	3.187,8	3.232,7	3.278,2	3.324,4
Propane	2.716,2	2.754,4	2.793,3	2.832,6	2.872,5	2.913,0	2.954,0	2.995,7	3.037,9	3.080,7	3.124,1	3.168,1	3.212,7	3.258,0
Leña	55,4	56,1	56,9	57,7	58,5	59,4	60,2	61,1	61,9	62,8	63,7	64,6	65,5	66,4
Total	35.795,1	36.299,4	36.810,9	37.329,5	37.855,5	38.388,9	38.929,8	39.478,3	40.034,6	40.598,7	41.170,7	41.750,8	42.339,1	42.935,6

Units: Gigajoules									
Branch	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Zona Urbana	17.910,8	18.163,2	18.419,1	18.678,6	18.941,8	19.208,7	19.479,3	19.753,8	20.032,1
Cocción	8.280,2	8.396,8	8.515,1	8.635,1	8.756,8	8.880,2	9.005,3	9.132,2	9.260,9
Gas Natural	7.331,8	7.435,2	7.539,9	7.646,2	7.753,9	7.863,1	7.973,9	8.086,3	8.200,2
Gas Propano	743,7	754,2	764,8	775,6	786,5	797,6	808,8	820,2	831,8
Leña	204,6	207,5	210,4	213,4	216,4	219,4	222,5	225,7	228,9
Iluminación	532,4	539,9	547,5	555,2	563,0	571,0	579,0	587,2	595,4
Electricidad	532,4	539,9	547,5	555,2	563,0	571,0	579,0	587,2	595,4
Refrigeración	1.361,1	1.380,3	1.399,7	1.419,4	1.439,4	1.459,7	1.480,3	1.501,1	1.522,3
Electricidad	1.361,1	1.380,3	1.399,7	1.419,4	1.439,4	1.459,7	1.480,3	1.501,1	1.522,3
Calentamiento de agua	4.343,4	4.404,6	4.466,7	4.529,6	4.593,5	4.658,2	4.723,8	4.790,4	4.857,9
Electricidad	1.326,7	1.345,4	1.364,4	1.383,6	1.403,1	1.422,9	1.442,9	1.463,3	1.483,9
Natural Gas	3.016,7	3.059,2	3.102,3	3.146,0	3.190,4	3.235,3	3.280,9	3.327,1	3.374,0
Otros usos	3.393,7	3.441,5	3.490,0	3.539,2	3.589,1	3.639,6	3.690,9	3.742,9	3.795,7
Electricidad	3.393,7	3.441,5	3.490,0	3.539,2	3.589,1	3.639,6	3.690,9	3.742,9	3.795,7
Zona Rural	25.629,8	25.990,9	26.357,1	26.728,5	27.105,1	27.487,0	27.874,3	28.267,0	28.665,3
Electrificada	22.240,7	22.554,1	22.871,9	23.194,2	23.521,0	23.852,4	24.188,5	24.529,3	24.874,9
Refrigeracion	1.110,4	1.126,1	1.142,0	1.158,0	1.174,4	1.190,9	1.207,7	1.224,7	1.242,0
Electricidad	1.110,4	1.126,1	1.142,0	1.158,0	1.174,4	1.190,9	1.207,7	1.224,7	1.242,0
Iluminación	754,0	764,6	775,4	786,3	797,4	808,6	820,0	831,5	843,3
Electricidad	754,0	764,6	775,4	786,3	797,4	808,6	820,0	831,5	843,3
Cocción	18.491,6	18.752,1	19.016,4	19.284,3	19.556,0	19.831,6	20.111,0	20.394,3	20.681,7
Propane	18.122,3	18.377,6	18.636,5	18.899,1	19.165,4	19.435,5	19.709,3	19.987,0	20.268,6
Leña	369,3	374,5	379,8	385,2	390,6	396,1	401,7	407,3	413,1
Calentamiento de agua	1.529,1	1.550,6	1.572,4	1.594,6	1.617,1	1.639,9	1.663,0	1.686,4	1.710,2
Electricidad	1.529,1	1.550,6	1.572,4	1.594,6	1.617,1	1.639,9	1.663,0	1.686,4	1.710,2
Otros usos	355,7	360,7	365,8	370,9	376,2	381,5	386,8	392,3	397,8
Electricidad	355,7	360,7	365,8	370,9	376,2	381,5	386,8	392,3	397,8
Non Electrificada	3.389,0	3.436,8	3.485,2	3.534,3	3.584,1	3.634,6	3.685,8	3.737,8	3.790,4
Iluminación	17,8	18,0	18,3	18,6	18,8	19,1	19,4	19,6	19,9
Energía Solar	17,8	18,0	18,3	18,6	18,8	19,1	19,4	19,6	19,9
Cocción	3.371,2	3.418,8	3.466,9	3.515,8	3.565,3	3.615,5	3.666,5	3.718,1	3.770,5
Propane	3.303,9	3.350,5	3.397,7	3.445,5	3.494,1	3.543,3	3.593,3	3.643,9	3.695,2
Leña	67,3	68,3	69,2	70,2	71,2	72,2	73,2	74,3	75,3
Total	43.540,6	44.154,1	44.776,2	45.407,1	46.046,9	46.695,7	47.353,6	48.020,8	48.697,4

Apéndice C. Demanda Residencial 2018-2040 por zona y uso final caso Pamplona.

Units: Gigajoules														
Branch	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Zona Urbana	174.448,7	176.906,6	179.399,2	181.927,0	184.490,3	187.089,8	189.725,9	192.399,1	195.110,0	197.859,1	200.647,0	203.474,1	206.341,0	209.248,4
Electricidad	174.448,7	176.906,6	179.399,2	181.927,0	184.490,3	187.089,8	189.725,9	192.399,1	195.110,0	197.859,1	200.647,0	203.474,1	206.341,0	209.248,4
Refrigeración	14.839,4	15.048,5	15.260,5	15.475,5	15.693,6	15.914,7	16.138,9	16.366,3	16.596,9	16.830,8	17.067,9	17.308,4	17.552,3	17.799,6
Electricidad	14.839,4	15.048,5	15.260,5	15.475,5	15.693,6	15.914,7	16.138,9	16.366,3	16.596,9	16.830,8	17.067,9	17.308,4	17.552,3	17.799,6
Calentamiento de agua	39.846,5	40.407,9	40.977,2	41.554,6	42.140,1	42.733,9	43.336,0	43.946,6	44.565,8	45.193,7	45.830,5	46.476,3	47.131,1	47.795,2
Electricidad	14.737,9	14.945,6	15.156,2	15.369,7	15.586,3	15.805,9	16.028,6	16.254,4	16.483,5	16.715,7	16.951,3	17.190,1	17.432,3	17.677,9
Gas Natural	25.108,5	25.462,3	25.821,1	26.184,9	26.553,8	26.928,0	27.307,4	27.692,2	28.082,3	28.478,0	28.879,3	29.286,2	29.698,8	30.117,3
Iluminación	17.129,0	17.370,3	17.615,1	17.863,3	18.115,0	18.370,2	18.629,0	18.891,5	19.157,7	19.427,6	19.701,4	19.979,0	20.260,5	20.545,9
Electricidad	17.129,0	17.370,3	17.615,1	17.863,3	18.115,0	18.370,2	18.629,0	18.891,5	19.157,7	19.427,6	19.701,4	19.979,0	20.260,5	20.545,9
Cocción	85.504,8	86.709,6	87.931,3	89.170,3	90.426,7	91.700,8	92.992,9	94.303,2	95.631,9	96.979,3	98.345,8	99.731,5	101.136,7	102.561,7
Gas Natural	60.102,1	60.948,9	61.807,7	62.678,6	63.561,7	64.457,3	65.365,5	66.286,5	67.220,5	68.167,6	69.128,1	70.102,1	71.089,8	72.091,5
Gas Propano	25.402,8	25.760,7	26.123,6	26.491,7	26.865,0	27.243,5	27.627,4	28.016,7	28.411,4	28.811,7	29.217,7	29.629,4	30.046,8	30.470,2
Otros usos	17.129,0	17.370,3	17.615,1	17.863,3	18.115,0	18.370,2	18.629,0	18.891,5	19.157,7	19.427,6	19.701,4	19.979,0	20.260,5	20.545,9
Electricidad	17.129,0	17.370,3	17.615,1	17.863,3	18.115,0	18.370,2	18.629,0	18.891,5	19.157,7	19.427,6	19.701,4	19.979,0	20.260,5	20.545,9
Zona Rural	12.218,2	12.390,3	12.564,9	12.741,9	12.921,5	13.103,5	13.288,2	13.475,4	13.665,3	13.857,8	14.053,1	14.251,1	14.451,9	14.655,5
Electricidad	12.218,2	12.390,3	12.564,9	12.741,9	12.921,5	13.103,5	13.288,2	13.475,4	13.665,3	13.857,8	14.053,1	14.251,1	14.451,9	14.655,5
Refrigeración	1.144,6	1.160,7	1.177,1	1.193,7	1.210,5	1.227,5	1.244,8	1.262,4	1.280,2	1.298,2	1.316,5	1.335,0	1.353,8	1.372,9
Electricidad	1.144,6	1.160,7	1.177,1	1.193,7	1.210,5	1.227,5	1.244,8	1.262,4	1.280,2	1.298,2	1.316,5	1.335,0	1.353,8	1.372,9
Calentamiento de agua	1.681,9	1.705,6	1.729,7	1.754,0	1.778,7	1.803,8	1.829,2	1.855,0	1.881,1	1.907,6	1.934,5	1.961,8	1.989,4	2.017,4
Electricidad	1.681,9	1.705,6	1.729,7	1.754,0	1.778,7	1.803,8	1.829,2	1.855,0	1.881,1	1.907,6	1.934,5	1.961,8	1.989,4	2.017,4
Iluminación	196,5	199,3	202,1	205,0	207,8	210,8	213,7	216,7	219,8	222,9	226,0	229,2	232,5	235,7
Electricidad	196,5	199,3	202,1	205,0	207,8	210,8	213,7	216,7	219,8	222,9	226,0	229,2	232,5	235,7
Cocción	8.417,0	8.535,6	8.655,9	8.777,9	8.901,5	9.027,0	9.154,2	9.283,1	9.413,9	9.546,6	9.681,1	9.817,5	9.955,8	10.096,1
Gas Natural	2.890,6	2.931,4	2.972,7	3.014,5	3.057,0	3.100,1	3.143,8	3.188,1	3.233,0	3.278,5	3.324,7	3.371,6	3.419,1	3.467,3
Gas Propano	5.238,2	5.312,0	5.386,8	5.462,7	5.539,7	5.617,7	5.696,9	5.777,2	5.858,6	5.941,1	6.024,8	6.109,7	6.195,8	6.283,1
Leña	288,2	292,3	296,4	300,6	304,8	309,1	313,5	317,9	322,4	326,9	331,5	336,2	340,9	345,7
Otros usos	778,1	789,0	800,2	811,4	822,9	834,5	846,2	858,1	870,2	882,5	894,9	907,5	920,3	933,3
Electricidad	778,1	789,0	800,2	811,4	822,9	834,5	846,2	858,1	870,2	882,5	894,9	907,5	920,3	933,3
Total	186.666,8	189.297,0	191.964,1	194.668,9	197.411,8	200.193,3	203.014,1	205.874,5	208.775,3	211.716,9	214.700,0	217.725,2	220.792,9	223.903,9

Units: Gigajoules										
Branch	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Zona Urbana	212.196,7	215.186,6	218.218,5	221.293,2	224.411,2	227.573,2	230.779,7	234.031,4	237.328,9	
Electricidad	212.196,7	215.186,6	218.218,5	221.293,2	224.411,2	227.573,2	230.779,7	234.031,4	237.328,9	
Refrigeración	18.050,4	18.304,7	18.562,6	18.824,2	19.089,4	19.358,4	19.631,1	19.907,7	20.188,2	
Electricidad	18.050,4	18.304,7	18.562,6	18.824,2	19.089,4	19.358,4	19.631,1	19.907,7	20.188,2	
Calentamiento de agua	48.468,6	49.151,6	49.844,1	50.546,4	51.258,6	51.980,8	52.713,2	53.456,0	54.209,2	
Electricidad	17.927,0	18.179,6	18.435,7	18.695,5	18.958,9	19.226,1	19.497,0	19.771,7	20.050,2	
Gas Natural	30.541,6	30.972,0	31.408,4	31.850,9	32.299,7	32.754,8	33.216,3	33.684,3	34.158,9	
Iluminación	20.835,4	21.129,0	21.426,7	21.728,6	22.034,8	22.345,2	22.660,1	22.979,4	23.303,2	
Electricidad	20.835,4	21.129,0	21.426,7	21.728,6	22.034,8	22.345,2	22.660,1	22.979,4	23.303,2	
Cocción	104.006,8	105.472,3	106.958,4	108.465,4	109.993,7	111.543,5	113.115,1	114.708,9	116.325,2	
Gas Natural	73.107,3	74.137,4	75.182,0	76.241,3	77.315,5	78.404,9	79.509,6	80.629,9	81.766,0	
Gas Propano	30.899,5	31.334,9	31.776,4	32.224,1	32.678,2	33.138,6	33.605,5	34.079,0	34.559,2	
Otros usos	20.835,4	21.129,0	21.426,7	21.728,6	22.034,8	22.345,2	22.660,1	22.979,4	23.303,2	
Electricidad	20.835,4	21.129,0	21.426,7	21.728,6	22.034,8	22.345,2	22.660,1	22.979,4	23.303,2	
Zona Rural	14.862,0	15.071,4	15.283,8	15.499,1	15.717,5	15.938,9	16.163,5	16.391,3	16.622,2	
Electricidad	14.862,0	15.071,4	15.283,8	15.499,1	15.717,5	15.938,9	16.163,5	16.391,3	16.622,2	
Refrigeración	1.392,3	1.411,9	1.431,8	1.452,0	1.472,4	1.493,2	1.514,2	1.535,5	1.557,2	
Electricidad	1.392,3	1.411,9	1.431,8	1.452,0	1.472,4	1.493,2	1.514,2	1.535,5	1.557,2	
Calentamiento de agua	2.045,9	2.074,7	2.103,9	2.133,6	2.163,6	2.194,1	2.225,0	2.256,4	2.288,2	
Electricidad	2.045,9	2.074,7	2.103,9	2.133,6	2.163,6	2.194,1	2.225,0	2.256,4	2.288,2	
Iluminación	239,1	242,4	245,8	249,3	252,8	256,4	260,0	263,7	267,4	
Electricidad	239,1	242,4	245,8	249,3	252,8	256,4	260,0	263,7	267,4	
Cocción	10.238,4	10.382,6	10.528,9	10.677,3	10.827,7	10.980,3	11.135,0	11.291,9	11.451,0	
Gas Natural	3.516,1	3.565,7	3.615,9	3.666,8	3.718,5	3.770,9	3.824,0	3.877,9	3.932,6	
Gas Propano	6.371,6	6.461,4	6.552,4	6.644,8	6.738,4	6.833,3	6.929,6	7.027,3	7.126,3	
Leña	350,6	355,6	360,6	365,6	370,8	376,0	381,3	386,7	392,1	
Otros usos	946,5	959,8	973,3	987,0	1.000,9	1.015,0	1.029,3	1.043,8	1.058,5	
Electricidad	946,5	959,8	973,3	987,0	1.000,9	1.015,0	1.029,3	1.043,8	1.058,5	
Total	227.058,7	230.257,9	233.502,3	236.792,3	240.128,7	243.512,1	246.943,2	250.422,7	253.951,1	