



UASB
Universidad Andina Simón Bolívar

Cláusula de cesión de derecho de publicación de tesis/monografía

Yo..... HILARION QUISPE CHOQUE..... C.I. 4844916 LP.
autor/a de la tesis titulada

CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA
RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE LA PAZ.....

mediante el presente documento dejo constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de

MAESTRIA EN GESTIÓN ESTRATÉGICA DE ENERGÍA - HIDROCARBUROS
Y ELECTRICIDAD.....

En la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede académica La Paz.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Académica La Paz, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación a partir de la fecha de defensa de grado, pudiendo, por lo tanto, la Universidad utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en formato virtual, electrónico, digital u óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamo de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría Adjunta a la Secretaria General sede Académica La Paz, los tres ejemplares respectivos y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

Fecha. 11-12-2019.....

Firma: H. Quispe Choque.....

✓

UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR

**MAESTRÍA EN GESTIÓN ESTRATÉGICA DE
ENERGÍA – HIDROCARBUROS Y ELECTRICIDAD**



UASB
**Universidad Andina
Simón Bolívar**

ORGANISMO ACADÉMICO DE LA COMUNIDAD ANDINA

TESIS DE GRADO

**“CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO DE LA MATRIZ
ENERGÉTICA RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE LA PAZ”**

**PRESENTADA PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAESTRÍA
EN GESTIÓN ESTRATÉGICA DE ENERGÍA – HIDROCARBUROS Y
ELECTRICIDAD**

Maestrante: Hilarión Quispe Choque

Docente tutor: M.A. Fernando Escalante Carrasco

La Paz – Bolivia

2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por colocar su mirada sobre mí, recibiendo de esta manera sabiduría, inteligencia y su fuerza para alcanzar mis objetivos.

A mis queridos padres, por ser los motores que impulsan mi vida hacia adelante en tiempos buenos y malos, a mi hermano y sobrina por el ánimo incondicional que me brindan, finalmente a todos mis seres queridos por ser parte de mi historia en esta vida.

CONTENIDO

RESUMEN	1
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO 2: ASPECTOS GENERALES	5
2.1 ANTECEDENTES.	5
2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	7
2.2.1. Problema principal.	7
2.3. JUSTIFICACIÓN.	7
2.4. OBJETIVOS.....	7
2.4.1. Objetivo general.	7
2.4.2. Objetivos específicos.....	7
2.5. HIPÓTESIS.	8
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO Y DEFINICIONES	9
3.1. ANTECEDENTES.	9
3.1.1. Energía eléctrica.....	9
3.1.2. Gas Licuado de Petróleo (GLP).....	10
3.1.3. Gas Natural (GN).....	11
3.2. DEFINICIONES.....	12
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y RESULTADOS	14
4.1. CÁLCULOS DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD.	16
4.1.1. Aparatos eléctricos instalados en la vivienda.	18
4.1.2. Servicio de agua caliente sanitaria.	23
4.1.3. Servicio de calefacción.....	25
4.1.4. Servicio de cocina.	25
4.1.5. Resultados del consumo eléctrico.....	26

4.2. CÁLCULOS DEL CONSUMO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO.....	27
4.2.1. Servicio de agua caliente sanitaria.	28
4.2.2. Servicio de calefacción.....	31
4.2.3. Servicio de cocina.	32
4.2.4. Resultados del consumo de GLP.	35
4.3. CÁLCULOS DEL CONSUMO DE GAS NATURAL.	36
4.3.1. Servicio de agua caliente sanitaria.	37
4.3.2. Servicio de calefacción.....	39
4.3.3. Servicio de cocina.	40
4.3.4. Resultados del consumo de gas natural.	43
4.4. RESULTADOS.	44
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA.....	49
ANEXOS	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Proyección a largo plazo del cambio energético nacional	3
Tabla 2: Disponibilidad energética en hogares a nivel nacional (En porcentaje)	5
Tabla 3: Disponibilidad de energía eléctrica y combustible energético en los hogares del departamento de La Paz (En porcentaje)	5
Tabla 4: Número total de usuarios de gas natural por categoría (expresado en cantidad)	6
Tabla 5: Tiempos de funcionamiento para aparatos seleccionados en la vivienda	15
Tabla 6: Aparatos requeridos según consumo energético	16
Tabla 7: Potencia instalada en la vivienda.....	17
Tabla 8: Consumo e importe mensual de focos	19
Tabla 9: Consumo e importe mensual de televisores	20
Tabla 10: Consumo total e importe mensual de electricidad por aparatos instalados en la vivienda	22
Tabla 11: Consumo total e importe mensual de electricidad	26
Tabla 12: Estimación del consumo total e importe mensual de electricidad	27
Tabla 13: Caudal de agua caliente para artefacto a GLP	28
Tabla 14: Características técnicas de inyectores para cocinas a GLP	33
Tabla 15: Estimación del consumo total e importe mensual del GLP	35
Tabla 16: Caudal de agua caliente para artefacto a gas natural	37
Tabla 17: Características técnicas de inyectores para cocinas a gas natural	41
Tabla 18: Estimación del consumo total e importe mensual de gas natural.....	43
Tabla 19: Importe promedio de electricidad y GLP próximo a la realidad de aparatos instalados en la vivienda	44
Tabla 20: Estimación del consumo energético total.....	45
Tabla 21: Estimación del consumo energético total.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Consumo diario de energía eléctrica para el servicio de cocina.....	25
Gráfico 2: Consumo diario de GLP para el servicio de cocina.....	33
Gráfico 3: Consumo diario de Gas Natural para el servicio de cocina	41

RESUMEN

El consumo energético residencial en la ciudad de La Paz está conformado básicamente por el uso de electricidad, gas licuado de petróleo (GLP) y gas natural (GN), cada elemento en una proporción diferente con relación a las características de demanda energética que tienen las viviendas de manera particular.

Este estudio trata principalmente de cuantificar una reestructuración o cambio de matriz energética residencial para hogares de la ciudad de La Paz, vale decir determinar los costos que conlleva el uso de cada energético de manera individual o particular para distintos servicios, dicho objetivo nos ayudara a comprender y explicar las diferencias económicas entre el consumo de energía eléctrica, gas licuado de petróleo (GLP) y gas natural (GN).

El presente trabajo académico está dirigido a una familia residencial tipo con cuatro integrantes, como referencia de los muchos hogares de la ciudad de La Paz. Primeramente, se analizó el consumo energético de dicha familia tomando como antecedente seis facturas emitidas por la empresa distribuidora de energía eléctrica, los mismos que comprenden los meses de enero a julio del año 2018, también se tomó en cuenta el consumo de dos garrafas y media de GLP por mes que tiene la vivienda.

Vale la pena mencionar que el servicio de gas natural residencial no se encuentra aún como energético disponible o instalado en dicho hogar, sin embargo, se realizó una estimación de consumo para dicho energético con referencia a los servicios demandados por la vivienda. Una vez analizado el consumo actual de electricidad y gas licuado de petróleo se procedió a determinar los tiempos de uso que tiene la familia con respecto a los servicios potenciales para el hogar como ser: agua caliente sanitaria, calefacción y cocina. Es importante mencionar que los tiempos de consumo energético se obtuvieron por medio de un seguimiento que se realizó al interior del hogar por el periodo de dos semanas consecutivas.

Posteriormente se procedió a realizar los cálculos de uso para los distintos servicios mencionados anteriormente, tomando en cuenta el consumo de electricidad, GLP y gas natural de manera particular, para este fin se tomó en cuenta los datos obtenidos anteriormente con respecto a los tiempos de consumo energético.

Realizamos también cálculos técnicos de potencias, cuyos valores determinaron los equipos eléctricos, aparatos a gas licuado de petróleo y a gas natural necesarios para la obtención de agua caliente sanitaria, calefacción y uso de cocina. Para el agua caliente sanitaria tomamos en cuenta la temperatura del lugar, la cantidad y tiempo de uso, el caudal necesario en cada punto de consumo (duchas, lavamanos y lavaplatos), para la calefacción fue necesario conocer las dimensiones o el área a ser calentada, finalmente para el sector de cocina tomamos en cuenta los tiempos necesarios para la cocción de alimentos.

Mencionar también que se realizó el diseño de planos para distintos ambientes de la vivienda y planos isométricos para la instalación interna de gas natural, que se encuentran en los anexos del presente estudio.

Obteniendo todos los datos mencionados anteriormente con sus respectivos valores, se procedió a la cuantificación del uso de cada energético (electricidad, gas licuado de petróleo y gas natural). Una vez obtenido los valores de la cuantificación, notamos de manera amplia que el consumo de gas natural ofrece mayores beneficios económicos a los miembros del hogar,

De acuerdo al estudio realizado, el importe mayor para cubrir los servicios de agua caliente sanitaria, calefacción y cocina viene dada por el consumo de electricidad, seguido del gas licuado de petróleo y finalmente el gas natural.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

De acuerdo al plan de gobierno, el cambio de la matriz energética nacional engloba los programas siguientes:

- Programas de sustitución de gasolina y diésel oíl por gas natural vehicular en el sector transporte.
- Programa de sustitución de GLP, biomasa y electricidad por gas natural en el sector residencial y sectores productivos.

Tabla 1
Proyección a largo plazo del cambio energético nacional

Energético	Antes (2007) %	Después (2027) %
Gas Natural	18	55
Diésel Oíl	27	11
Gasolina	14	12
GLP	10	4
Biomasa	17	11
Electricidad	11	8

Fuente: Plan de desarrollo energético 2008 – 2027

El presente estudio trata principalmente de cuantificar una reestructuración o cambio de la matriz energética residencial para un hogar tipo de la ciudad de La Paz, con el fin de obtener valores que nos ayuden a realizar un análisis con respecto al consumo de cada energético (electricidad, GLP y gas natural) de forma particular, tomando en cuenta los costos de consumo.

El tiempo empleado para el uso de cada servicio por medio de los distintos energéticos es registrado en el mismo hogar, logrando obtener de esta manera resultados con valores aproximados a la realidad.

Para tal efecto, el presente trabajo académico se efectúa para una familia residencial tipo con cuatro integrantes, inicialmente se realiza un levantamiento de las cargas instaladas en dicha

vivienda, identificando de esta manera los artefactos eléctricos de uso constante, para luego analizar el consumo de energía eléctrica como también el consumo de GLP por mes.

Es importante mencionar que el servicio de gas natural residencial no se encuentra aún instalado en dicho hogar, por tal razón realizamos una estimación de consumo para este energético.

Para determinar las características de cada energético en todas sus dimensiones dentro de la vivienda, analizamos la necesidad o demanda que tiene el hogar en función al agua caliente sanitaria, calefacción y el servicio de cocina, posteriormente procedemos a realizar los cálculos de consumo para cada servicio, como señalamos a continuación:

- Cálculo para agua caliente sanitaria (Calefón).
- Cálculo para calefacción de ambientes (Estufa).
- Cálculo para el servicio de cocina (Cocina y horno).

Obteniendo todos los datos y características de consumo para cada energético mencionado anteriormente con sus respectivos valores, procedemos a la cuantificación del uso energético residencial, adquiriendo de esta manera datos estimados próximos a la realidad para su respectivo análisis.

CAPÍTULO 2

ASPECTOS GENERALES

2.1 ANTECEDENTES.

El consumo energético residencial en nuestro país fue avanzando con respecto al crecimiento de la población, como también a la producción y distribución de los distintos energéticos, como ser: la energía eléctrica, el gas licuado de petróleo (GLP) y finalmente el gas natural.

Tabla 2
Disponibilidad energética en hogares a nivel nacional (En porcentaje)

Características	2016	2017
Bolivia	3.209.250	3.347.098
Electricidad	91.6	91.9
GLP	60.1	57.1
Gas Natural	20.3	23.1

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

El sector doméstico en el departamento de La Paz, paralelamente al consumo de electricidad y gas licuado de petróleo (GLP) consume gas natural (GN) para cubrir su demanda energética (ver tabla 3), claro está que la demanda de electricidad es mayor en el sector ya mencionado.

Tabla 3
Disponibilidad de energía eléctrica y combustible energético en los hogares del departamento de La Paz (En porcentaje)

Características	2015	2016	2017
La Paz	809.032	878.034	865.022
Electricidad	94.4	94.4	96.0
GLP	54.6	51.4	50.8
Gas Natural	24.3	27.6	29.5

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Según datos del Censo – 2012, el municipio de la ciudad de La Paz ya contaba con estos energéticos los cuales tenían un consumo reducido, como se puede apreciar a continuación:

- 226.458 hogares – Municipio de la ciudad de La Paz (censo – 2012)
- 28.375 hogares con gas por medio de cañería (GN) (12.53 %)
- 182.910 hogares con gas por medio de garrafa (GLP) (80.77 %)
- 222.880 hogares con energía eléctrica (98.42 %)

Hasta dicho periodo el gas natural tenía un porcentaje mínimo de consumo, a comparación de los otros dos energéticos, sin embargo, en la actualidad el número de usuarios de gas natural va en aumento a nivel nacional, departamental y municipal, bajo la perspectiva de masificar el consumo de gas natural a domicilio.

Tabla 4

Número total de usuarios de gas natural por categoría (expresado en cantidad)
Bolivia - Gestión 2016

CATEGORÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
INDUSTRIAL	1.221	1.227	1.231	1.229	1.223	1.206
GNV	259	259	261	262	263	267
COMERCIAL	5.841	5.901	5.986	5.990	6.016	6.068
DOMESTICO	584.214	594.504	600.080	607.900	617.816	625.974
TOTAL	591.535	601.891	607.558	615.381	625.318	633.515

CATEGORÍA	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
INDUSTRIAL	1.207	1.204	1.205	1.196	1.202	1.200
GNV	270	272	273	275	276	278
COMERCIAL	6.099	6.156	6.229	6.219	6.317	6.334
DOMESTICO	637.412	644.676	649.979	660.629	668.644	673.266
TOTAL	644.988	652.308	657.686	668.319	676.439	681.078

Fuente: Anuario Estadístico 2016 - A.N.H.

Tiempo atrás, los energéticos comunes para el consumo domiciliario eran la electricidad y el gas licuado de petróleo, ambos con un fin determinado para su uso, en la actualidad se incrementó el servicio de gas natural, por tal razón es necesario cuantificar el uso de cada servicio, con la mirada a una reestructuración en la matriz energética residencial.

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

2.2.1. Problema principal.

La escasa información acerca de la cuantificación económica respecto a los distintos energéticos consumidos al interior de las viviendas, provoca un desconocimiento de la población con respecto a una reestructuración energética residencial, vale decir incertidumbre al momento de cambiar un energético por otro o continuar con el mismo.

2.3. JUSTIFICACIÓN.

- Contar con una cuantificación comparada del costo energético residencial (electricidad, GLP y gas natural), fomentaría el cambio de la matriz energética nacional.
- Contar con un estimado de consumo para cada energético en la vivienda permite realizar una buena administración y planificación de importes mensuales por los servicios de manera particular.
- Obtener datos o valores numéricos acerca del consumo e instalación de distintos servicios energéticos beneficia a la población para un análisis eficiente en cuestión de costos y tiempos de uso con relación a la electricidad, GLP y gas natural.
- Conocer las características económicas de cada energético para los distintos servicios residenciales, proporcionara a los habitantes alternativas de elección acorde a sus condiciones o capacidades de pago.

2.4. OBJETIVOS.

2.4.1. Objetivo general.

Realizar un análisis en el ámbito académico para cuantificar el cambio de la matriz energética residencial en un hogar tipo de cuatro integrantes ubicado en la ciudad de La Paz.

2.4.2. Objetivos específicos.

Para alcanzar el objetivo general se considera necesario cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Realizar un relevamiento de información sobre el tiempo de consumo y uso de todos los artefactos que requieren una fuente energética para su funcionamiento, a fin de:
 - i. Cuantificar el tiempo de uso de aparatos eléctricos dentro del domicilio residencial.
 - ii. Cuantificar el tiempo de uso de aparatos a gas licuado de petróleo dentro del domicilio residencial.
 - iii. Estimar el tiempo de uso de aparatos a gas natural dentro del domicilio.
- Realizar estimaciones de consumo para cada energético (Energía Eléctrica, Gas Licuado de Petróleo y Gas Natural) enfocados a cubrir la demanda del hogar respecto a los servicios de agua caliente sanitaria, calefacción y cocina.
- Realizar un análisis económico integral cuantificado comparado respecto al uso de energía eléctrica, gas licuado de petróleo y gas natural para una familia residencial tipo en la ciudad de La Paz.

2.5. HIPÓTESIS.

La cuantificación comparada del costo por consumo de electricidad, gas licuado de petróleo y gas natural, en una familia tipo del sector residencial brindara un panorama estimado sobre el costo por consumo de los energéticos mencionados para usuarios residenciales, a fin de que estos puedan tomar las diferentes opciones para el cambio de la matriz energética.

CAPÍTULO 3

MARCO TEÓRICO Y DEFINICIONES

3.1. ANTECEDENTES.

La cuantificación del consumo energético será realizada en un hogar tipo de cuatro integrantes ubicado en la zona noroeste de la ciudad de La Paz, dicho hogar tiene un ingreso económico promedio por tal razón cuenta con todos los servicios básicos incluyendo el gas natural el cual se encuentra en proyecto de instalación.

Cuantificar el cambio de la matriz energética residencial implica convertir el uso o consumo de cada energético (electricidad, GLP y GN) en números, lo cual será útil para la realización de los diferentes análisis dirigidos a una buena organización de consumo, buscando de esta manera un ahorro económico en el consumo de cada energético requerido por los distintos hogares.

3.1.1. Energía eléctrica.

La electricidad constituye una forma de energía que está presente en casi todas las actividades del hombre de una sociedad desarrollada, ya que gran parte de los aparatos y máquinas que usamos funcionan con ella.

Uso de la energía eléctrica.

El uso de la electricidad está muy extendido en la sociedad moderna y la corriente a través de la conexión a la red eléctrica o mediante baterías o acumuladores: basta pensar en el uso de la iluminación en casas, edificios (públicos y privados) y las carreteras, en el poder de trabajo que tienen los aparatos y equipos, así como en los procesos de producción industrial o en las máquinas eléctricas, como motores eléctricos.

Por otra parte, el uso de electricidad en las viviendas es de mucha importancia ya que en la actualidad no se puede concebir un día, sin recurrir a los artefactos eléctricos de manera general. Para medir la energía eléctrica se emplea la unidad kilovatio-hora (kwh), que se define como el trabajo realizado durante una hora por una máquina que tiene una potencia de un kilovatio (kw).

La instalación interna de energía eléctrica en las viviendas inicia desde el medidor o contador de energía concluyendo en los diferentes puntos de consumo como ser: toma corrientes, interruptores, puntos de iluminación, etc. Los conductores eléctricos son de cobre y su sección varía en función al tipo de circuito, vale decir para iluminación, tomacorrientes y fuerza se utiliza el N° 14, 12 y 10 AWG respectivamente, por otra parte los tubos protectores para los conductores son de policloruro de vinilo (PVC) o polietileno (Norma Boliviana NB 777), en algunas instalaciones utilizan tubos metálicos según su requerimiento técnico, los diámetros de los tubos varían en función a la cantidad de conductores a ser instalados en diferentes tramos.

3.1.2. Gas Licuado de Petróleo (GLP).

GLP es el acrónimo de los gases licuados del petróleo butano y propano comerciales, en adelante butano y propano.

El GLP es un hidrocarburo combustible que en estado normal se encuentran en estado (fase) gaseosa. Se obtienen del refinado del petróleo por destilación fraccionada, del mismo modo que se obtienen otros derivados del petróleo como la gasolina. El GLP se almacena en botellas y depósitos en estado (fase) líquida al someterlos a presión (López, José Emilio, 2001).

Aunque el GLP está asociado a la producción de gas natural y crudo de petróleo, lo cierto es que tiene sus ventajas y puede desempeñar prácticamente cualquiera de las funciones de los combustibles primarios de los que se deriva.

Usos del GLP.

El GLP se utiliza de más de mil maneras. En la actualidad, cientos de millones de personas lo utilizan y dependen de él para aplicaciones muy variadas, en el sector de la industria, el transporte, la agricultura, la generación de energía, o para cocinar, como combustible de calefacción y en aplicaciones recreativas (LPG Exceptional Energy, 2015).

Distribución del GLP.

Este producto para su distribución previamente es enviado a las plantas engarrafadoras, donde se realiza la odorización del mismo y el trasvase a garrafas de **10 y 45 Kg.**, para que puedan ser empleadas en el uso industrial y domiciliario.

La norma NB 137001 establece los parámetros específicos para la clasificación de las garrafas y aquellas que no son clasificadas para la recalificación son aplastadas e inutilizadas (Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos).

Para el sector domiciliario cada garrafa contiene un peso en producto GLP de 10 Kilogramos, es decir que el peso total de la garrafa es de aproximadamente 22 Kilogramos incluido el peso del envase.

Ya en las cocinas de cada familia, el usuario debe cambiar el regulador de presión y la manguera, que dependerá del uso que se le da a la misma; para esto es recomendable realizar una verificación de los mismos cada seis meses.

3.1.3. Gas Natural (GN).

El gas natural es una fuente de energía fósil que, como el carbón o el petróleo, está constituida por una mezcla de hidrocarburos, unas moléculas formadas por átomos de carbono e hidrógeno. Complejos estudios de geología y física permiten encontrar y explotar los yacimientos de gas que centenas de miles de años de acción bacteriana ha generado bajo tierra.

Naturaleza del GN.

El gas natural es un compuesto no tóxico, incoloro e inodoro, constituido por una mezcla de hidrocarburos en la que su principal componente es el metano (CH₄), una molécula sencilla formada por 1 átomo de carbono y 4 átomos de hidrógeno.

Su composición química, no obstante, varía sensiblemente según su procedencia, ya que acostumbra a ir asociada a otras moléculas o elementos como el ácido sulfhídrico (H₂S), el anhídrido carbónico (CO₂), el nitrógeno (N₂) o el helio (He) que se extrae cuando el gas natural

se destina a usos industriales y domésticos (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2002).

Usos del GN.

El gas natural tiene muchas aplicaciones en el hogar y en la industria. Esto se debe a que es un combustible eficiente, limpio, seguro y barato.

En el ámbito doméstico sus usos son los siguientes:

- **Cocción de alimentos:** El gas natural se usa para activar cocinas, hornos y marmitas, en condiciones de gran limpieza.
- **Calentamiento de agua:** Duchas, tinas y piscinas son operadas en condiciones muy económicas con el empleo de gas natural.
- **Calefacción:** Según la temporada, el gas natural permite tener ambientes cálidos o tropicales en el hogar.

El gas natural también puede ser usado en secadoras de ropa, lavadoras, parrillas y otros artefactos que requieren calor, especialmente en actividades productivas y comerciales que se sustentan y desarrollan en el hogar.

3.2. DEFINICIONES.

Agua Caliente Sanitaria (ACS): Es agua destinada a consumo humano (potable) que ha sido calentada. Se utiliza para usos sanitarios humanos (baños, duchas, etc.) y para otros usos de limpieza (fregado de platos, lavadora, lavavajillas, fregado de suelos).

Electricidad: Es un fenómeno físico cuyo origen son las cargas eléctricas y cuya energía se manifiesta en fenómenos mecánicos, térmicos, luminosos y químicos, entre otros.

Gas Licuado de Petróleo (GLP): Es la mezcla de propano y butano en proporciones variables. El GLP es producido en plantas de campo, plantas de separación de líquidos (PSL) y refinerías.

Gas Natural (GN): Los hidrocarburos que en condición normalizada de temperatura y presión se presentan en estado gaseoso.

Grifo eléctrico: Es aquel mecanismo provisto de una llave que utiliza la energía eléctrica principalmente para la calefacción del agua a utilizar en lavamanos y lavaplatos, sin depender de un tanque calentador independiente.

Poder Calorífico Superior (PCS): Se denomina a la cantidad de energía que libera el gas, en el caso de que el agua generada en la combustión se encuentre en estado líquido.

Poder Calorífico Inferior (PCI): Se denomina a la cantidad de energía que libera el gas, en el caso de que el agua generada en la combustión se encuentre en estado vapor.

Potencia: Es la magnitud que caracteriza la rapidez con que la energía se transforma o se transmite de un sistema a otro. Unidades – Kw, J/s.

Potencia Absorbida (Pabs): Es la potencia exigida por el aparato, con esta potencia se realiza el cálculo de la demanda del aparato.

Potencia Útil (Pu): Es la Potencia Absorbida menos las pérdidas de calor, es la potencia real entregada por el quemador.

Presión: Fuerza que se ejerce por unidad de superficie expresada en bar, psi, atm o sus múltiplos.

Regulador de Presión: Dispositivo destinado a reducir y mantener constante la presión de salida del Gas, independientemente de las variaciones de la presión de entrada y del caudal de gas.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

El sector residencial en áreas urbanas, años atrás solo contaba con electricidad y gas licuado de petróleo como únicas opciones para satisfacer las demandas de los distintos servicios al interior de las viviendas, vale decir que su matriz energética comprendía solo de dos elementos, actualmente se va insertando un tercer elemento a la matriz energética como ser el gas natural, por tal razón es conveniente cuantificar el consumo de electricidad, gas licuado de petróleo y gas natural, dentro del cambio en la matriz energética residencial.

Para la veracidad del proyecto se toma como referencia una familia tipo, que comprende de cuatro integrantes, un matrimonio y dos hijos, ubicados en la zona noroeste de la ciudad de La Paz.

En la actualidad dicha vivienda cuenta únicamente con los servicios de electricidad y gas licuado de petróleo, la electricidad está dirigida a cubrir las áreas de iluminación, ducha y electrodomésticos, por otra parte, el GLP está dirigido a satisfacer la necesidad del sector de cocina.

Para cuantificar el consumo energético total en dicha vivienda, se realizan estimaciones de consumo con respecto a la electricidad, el gas licuado de petróleo y el gas natural de manera independiente una del otro.

Las estimaciones de consumo energético (electricidad, GLP y gas natural) están dirigidos principalmente a cubrir la demanda de los servicios de agua caliente sanitaria, calefacción y cocina, para tal fin es necesario mencionar el uso de aparatos idóneos como ser: calefones, estufas, grifos, cocinas y hornos, cada uno de estos aparatos serán de consumo eléctrico, a gas licuado de petróleo y a gas natural, de acuerdo al tipo de calculo que se realice.

Los cálculos se realizan de manera particular o separada vale decir que en un punto no se efectuaran operaciones para dos energéticos. Teniendo en cuenta que la finalidad del consumo de cada energético será satisfacer la demanda de los tres servicios, se pretende utilizar los datos más cercanos a la realidad obtenidos en la vivienda.

Los valores obtenidos por el uso de artefactos eléctricos para iluminación y electrodomésticos serán tomados en cuenta de manera general al determinar los resultados finales por cada energético en el punto 4.4 del presente documento.

El tiempo de uso para cada aparato será el mismo con relación a los tres energéticos, como se aprecia a continuación:

Tabla 5
Tiempos de funcionamiento para aparatos seleccionados en la vivienda

Servicios	Aparatos	Tiempos de uso			
		(min/día)	(h/día)	(días/mes)	(h/mes)
Agua Caliente Sanitaria	Ducha eléctrica	40	0,67	15	10,00
	Grifos eléctricos	21	0,35	30	10,50
	Calefón	61	1,02	Variable	20,50
Calefacción	Estufa	60	1	30	30,00
Cocina	Cocina	120	2	30	60,00
	Horno	-----	3	4	12,00

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos en relación a los tiempos de funcionamiento para los diferentes aparatos son recabados en la vivienda luego de realizar un control de aproximadamente dos semanas con respecto al uso diario de electrodomésticos, ducha, lavamanos, lavaplatos, y el servicio de cocina. Lo que respecta a la calefacción se determinó un tiempo promedio, lo cual determinará un valor de referencia.

Es importante mencionar que cada aparato tiene una función específica al momento de ser utilizado puesto que sus características técnicas demandan el consumo de distintos energéticos.

El análisis del consumo de los distintos energéticos que se realiza en la presente investigación es detallado en el siguiente cuadro:

Tabla 6
Aparatos requeridos según consumo energético

Servicios	Aparatos	Electricidad 1	Electricidad 2	GLP	Gas Natural
Agua Caliente Sanitaria	Ducha eléctrica	√			
	Grifos eléctricos	√			
	Calefón		√	√	√
Calefacción	Estufa	√	√	√	√
Cocina	Cocina	√	√	√	√
	Horno	√	√	√	√

Fuente: Elaboración propia

La vivienda cuenta con distintos ambientes como se puede apreciar en la figura 1 del Anexo 3, las dimensiones de los mismos serán muy útiles en la etapa de estimaciones para el consumo de gas natural.

4.1. CÁLCULOS DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD.

Para determinar un consumo promedio mensual de energía eléctrica en la vivienda, se toman como referencias seis facturas del año 2018, cuyos datos de consumo son:

- Enero – 158 Kwh
- Febrero – 120 Kwh
- Marzo – 133 Kwh
- Abril – 139 Kwh
- Mayo – 132 Kwh
- Junio – 141 Kwh

El consumo promedio de energía eléctrica es de 137 Kwh/mes con un costo aproximado de 97,25 Bs/mes según las facturas emitidas por la empresa distribuidora de electricidad (ver tabla 1 del anexo 3). La potencia eléctrica instalada en la vivienda de dicha familia es la siguiente:

Tabla 7
Potencia instalada en la vivienda

Aparato eléctrico	Potencia (w)	Cantidad	Potencia Total (w)
Ducha eléctrica	5.000	1	5.000
Focos ahorradores	11	10	110
Radio	120	1	120
Televisor	115	4	460
Computadora	460	1	460
Refrigerador	550	1	550
Microonda	1.200	1	1.200
Extractor de jugos	400	1	400
Licuadaora	450	1	450
Plancha eléctrica	1.200	1	1.200
Lavadora	800	1	800
TOTAL			10.750

Fuente: Elaboración propia

Con una potencia instalada de 10,75 Kw, la familia paga 97,25 Bs por 137 Kwh de energía promedio consumida al mes, el tiempo de uso de cada artefacto varía en función a sus necesidades.

Por otra parte, para cubrir los servicios de cocina, calefacción y agua caliente por medio de electricidad, proyectamos el consumo de energía eléctrica para los siguientes equipos: Calefón o calentador rápido, cocina, horno, estufa y dos grifos.

La cocina eléctrica cuenta con cuatro hornallas, un grande de 2.200 w, dos medianos de 1.200 w y un pequeño 1.100 w, obteniendo una potencia total de 5.700 w, sin embargo, el horno eléctrico tiene una potencia de 1.500 w, entre ambos artefactos se alcanza a una potencia instalada total de 7.200 w para el servicio de cocina. La estufa eléctrica tiene una potencia de 2.000 w con la característica de ser móvil, vale decir que es posible su traslado a los distintos ambientes, finalmente los grifos eléctricos cuentan con una potencia de 5.500 w cada uno, estos serán utilizados para proveer agua caliente en lavamanos y lavaplatos.

4.1.1. Aparatos eléctricos instalados en la vivienda.

Ducha eléctrica.

El artefacto eléctrico de mayor potencia es la ducha, el uso del mismo es de 10 minutos por persona, como la familia cuenta con cuatro integrantes, el tiempo de aseo por día es de 40 minutos, también cabe mencionar que la familia usa este servicio día por medio, dando un total de 10 horas por mes, finalmente para determinar el costo del uso de la ducha eléctrica, tenemos lo siguiente:

Potencia = 5.000 w

Tiempo de uso: 40 minutos por día (10 horas/mes)

$$5.000 \text{ w} * 10 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 50 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 50 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 35,50 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Con el cálculo anterior se puede establecer que el importe a pagar por el servicio de ducha para nuestro caso es de 35,50 Bs al mes, aproximadamente un tercio del costo por el consumo de energía total mencionado anteriormente.

Según la Autoridad de fiscalización de electricidad y tecnología nuclear (A.E.T.N.), la tarifa promedio al consumidor final para la categoría residencial de la ciudad de La Paz era de 10,02 cUS\$/Kwh en el mes de diciembre del año 2017 (Anuario estadístico 2017 – A.E.), realizando una conversión de la moneda norteamericana con respecto a la moneda nacional, tenemos el valor de 0,70 Bs/Kwh.

Para nuestros cálculos tomamos como referencia los valores de las facturas mencionadas anteriormente sacando un promedio del importe por energía entre el total de energía a facturar, dando un valor final de 0,71 Bs/Kwh (ver anexo 3).

Focos ahorradores.

Potencia = 11 w (cada foco)

Dormitorio 1 – 2

$$11 \text{ w} * 120 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 1,32 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 1,32 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 0,94 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Dormitorio 3

$$11 \text{ w} * 90 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 0,99 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 0,99 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 0,70 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Baño 1 – 2

$$11 \text{ w} * 30 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 0,33 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 0,33 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 0,23 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Living comedor

$$33 \text{ w} * 60 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 1,98 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 1,98 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 1,40 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Cocina

$$22 \text{ w} * 90 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 1,98 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 1,98 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 1,40 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Tabla 8
Consumo e importe mensual de focos

Ambientes	Nº de Focos	Potencia (watts)	Tiempo de uso		Tarifa (Bs/Kwh)	Costo total (Bs/mes)
			Hrs/día	Hrs/mes		
Dormitorio 1	1	11	4	120	0,71	0,94
Dormitorio 2	1	11	4	120	0,71	0,94
Dormitorio 3	1	11	3	90	0,71	0,70
Baño 1	1	11	1	30	0,71	0,23
Baño 2	1	11	1	30	0,71	0,23
Living comedor	3	33	2	60	0,71	1,40
Cocina	2	22	3	90	0,71	1,40

TOTAL	5,85
--------------	-------------

Fuente: Elaboración propia

Radio.

Potencia = 120 w

$$120 \text{ w} * 8 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 0,96 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 0,96 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 0,68 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

El tiempo de uso es de 2 horas a la semana, vale decir 8 horas al mes.

Televisor.

Potencia = 115 w

$$115 \text{ w} * 270 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 31,05 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 31,05 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 22,05 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Tabla 9

Consumo e importe mensual de televisores

Artefacto	Potencia (watts)	Tiempo de uso		Tarifa (Bs/Kwh)	Costo total (Bs/mes)
		Hrs/día	Hrs/mes		
Televisor 1	115	2	60	0,71	4,90
Televisor 2	115	2	60	0,71	4,90
Televisor 3	115	2	60	0,71	4,90
Televisor 4	115	3	90	0,71	7,35
TOTAL					22,05

Fuente: Elaboración propia

Computadora.

Potencia = 460 w

$$460 \text{ w} * 60 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 27,60 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 27,60 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 19,60 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

El tiempo de uso para la computadora es de 2 horas por día, o 60 horas al mes.

Refrigerador.

Potencia = 550 w

$$550 \text{ w} * 30 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 16,50 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 16,50 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 11,71 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

El tiempo de funcionamiento para el refrigerador es de 30 horas por mes, cabe mencionar que este aparato eléctrico tiene un termostato, que enciende y apaga el equipo cada cierto tiempo.

Microonda.

Potencia = 1.200 w

$$1.200 \text{ w} * 2 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 2,40 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 2,40 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 1,70 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

La microonda tiene un tiempo promedio de funcionamiento de 2 horas por mes, se debe aclarar que este aparato eléctrico se utiliza unos minutos por día, vale decir que solo se utiliza para calentar algunos alimentos.

Extractor de jugos.

Potencia = 400 w

$$400 \text{ w} * 1 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 0,40 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 0,40 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 0,28 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

El extractor de jugos tiene un tiempo promedio de funcionamiento de 1 hora por mes, se debe aclarar que este aparato eléctrico se utiliza unos minutos por día.

Licuada.

Potencia = 450 w

$$450 \text{ w} * 0,5 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 0,22 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 0,22 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 0,16 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

La licuadora tiene un tiempo promedio de funcionamiento de 0,5 horas por mes, se debe aclarar que este aparato eléctrico se utiliza unos minutos por semana.

Plancha eléctrica.

Potencia = 1.200 w

$$1.200 \text{ w} * 2 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 2,40 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 2,40 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 1,70 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Al igual que la microonda el tiempo aproximado de uso es de 2 horas por mes, vale decir, que su funcionamiento es de unos minutos por día.

Lavadora eléctrica.

Potencia = 800 w

$$800 \text{ w} * 4 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 3,20 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 3,20 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 2,27 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

El tiempo de funcionamiento de este aparato eléctrico no es constante, podemos decir que llega a una hora por semana, vale decir 4 horas por mes.

Finalmente, realizamos una suma de costos por energía – mes, de todos los aparatos eléctricos utilizados en la vivienda.

Tabla 10

Consumo total e importe mensual de electricidad por aparatos instalados en la vivienda

Aparato eléctrico	Potencia (w)	Cantidad	Tiempo de uso (H/mes)	Energía (Kwh/mes)	Tarifa (Bs/Kwh)	Costo total (Bs/mes)
Ducha eléctrica	5.000,00	1,00	10,00	50,00	0,71	35,50

Focos ahorradores	11,00	10,00	750,00	8,25	0,71	5,85
Radio	120,00	1,00	8,00	0,96	0,71	0,68
Televisor	115,00	4,00	270,00	31,05	0,71	22,05
Computadora	460,00	1,00	60,00	27,60	0,71	19,60
Refrigerador	550,00	1,00	30,00	16,50	0,71	11,71
Microonda	1.200,00	1,00	2,00	2,40	0,71	1,70
Extractor de jugos	400,00	1,00	1,00	0,40	0,71	0,28
Licuada	450,00	1,00	0,50	0,22	0,71	0,16
Plancha eléctrica	1.200,00	1,00	2,00	2,40	0,71	1,70
Lavadora	800,00	1,00	4,00	3,20	0,71	2,27
TOTAL						101,50

Fuente: Elaboración propia

Realizado los cálculos de costos por el consumo de energía eléctrica – mes, según la tabla 10, obtenemos el valor de 101,50 Bs/mes, comparando el mismo con el importe promedio de 97,25 Bs/mes obtenido de las facturas, determinamos una diferencia de 4,25 Bs, esto se debe al tiempo de funcionamiento de los aparatos eléctricos, ya que para los cálculos se utilizaron tiempos próximos a la realidad, es importante mencionar que se tomaron muestras con respecto a las horas de funcionamiento de los artefactos eléctricos y de GLP por el lapso de dos semanas.

Hasta este punto, se determinó los costos por el funcionamiento de los aparatos eléctricos instalados en la vivienda. Para calcular el costo total del consumo de electricidad requerido por los servicios de agua caliente sanitaria, calefacción y cocina, realizamos estimaciones de consumo eléctrico con las características mencionadas anteriormente para una cocina, horno, estufa, grifos y calefón o calentador. Es importante aclarar que el calefón o calentador proporcionara agua caliente a la ducha, lavamanos y lavaplatos, obteniendo de esta manera valores que serán útiles para el análisis del consumo de este energético.

4.1.2. Servicio de agua caliente sanitaria.

Grifo eléctrico.

Para obtener agua caliente en lavaplatos y lavamanos vemos la necesidad de instalar grifos eléctricos con una capacidad de 5.500 w de potencia cada uno.

Lavamanos.

$$5.500 \text{ w} * 0,15 \frac{\text{h}}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 24,75 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 24,75 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 17,57 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

El tiempo de uso para este servicio es de 9 min/día aproximadamente, con un costo de 17,60 Bs/mes.

Lavaplatos.

$$5.500 \text{ w} * 0,20 \frac{\text{h}}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 33 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 33 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 23,43 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

El tiempo de uso para el servicio de lavaplatos es de 12 min/día aproximadamente, con un costo de 23,40 Bs/mes.

Calefón eléctrico.

El calefón eléctrico con una potencia de 14 Kw abastecerá de agua caliente al servicio de: ducha, lavamanos y lavaplatos.

El tiempo de uso para la ducha es de 10 hrs/mes, mientras que el tiempo para lavamanos y lavaplatos consiste en 10,5 hrs/mes, obteniendo un tiempo total de 20,5 hrs/mes el cual utilizaremos para determinar el importe mensual por el uso del calentador eléctrico.

$$14.000 \text{ w} * 20,5 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 287 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 287 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 203,77 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

El costo por el consumo de electricidad para el servicio de ducha, lavamanos y lavaplatos por medio de un calentador de agua alcanza el valor de 203,77 Bs/mes.

4.1.3. Servicio de calefacción.

Estufa eléctrica.

Tomando en cuenta la adición del uso de una estufa eléctrica para la calefacción de los ambientes, tenemos lo siguiente:

Potencia = 2.000 w

Tiempo de uso: 1 hora/día (30 horas/mes)

$$2.000 \text{ w} * 30 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 60 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 60 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 42,60 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

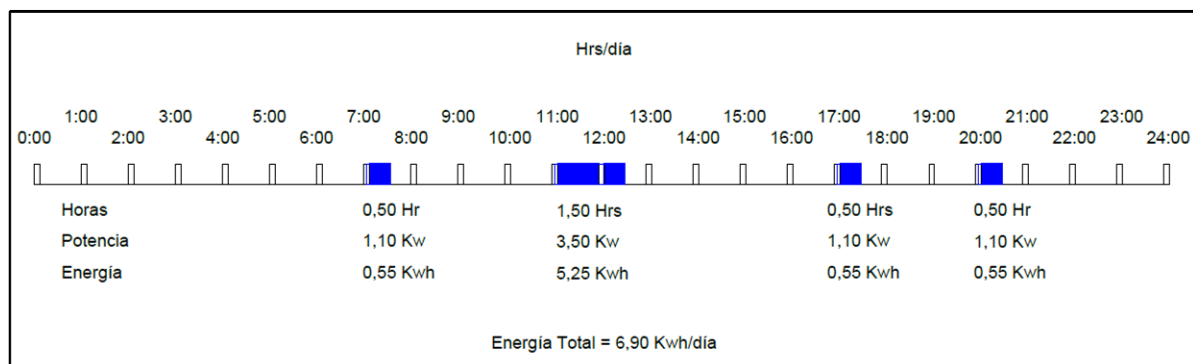
El costo por el consumo de electricidad para el servicio de calefacción alcanza a 42,60 Bs/mes, vale la pena resaltar que este aparato es móvil, por tal razón se puede trasportar a los distintos ambientes mencionados anteriormente.

4.1.4. Servicio de cocina.

Cocina eléctrica.

La cocina eléctrica cuenta con cuatro hornallas, un grande de 2.200 w, dos medianos de 1.200 w y un pequeño 1.100 w obteniendo una potencia total de 5.700 w.

Gráfico 1
Consumo diario de energía eléctrica para el servicio de cocina



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico anterior, el consumo de energía eléctrica para el uso del servicio de cocina equivale a 6,90 Kwh/día, este valor no incluye el uso de horno.

$$6,90 \frac{\text{Kwh}}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 207 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 207 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 146,97 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Por otra parte, añadiendo un horno de 1.500 w con un tiempo de funcionamiento igual a 3 h/semana o 12 h/mes tenemos lo siguiente:

$$1.500 \text{ w} * \frac{1 \text{ Kw}}{1.000 \text{ w}} = 1,5 \text{ Kw} \Rightarrow 1,5 \text{ Kw} * 12 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 18 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$18 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 12,78 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Finalmente, el consumo total de energía eléctrica para el servicio de cocina incluido el uso del horno tiene el siguiente resultado:

$$146,97 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} + 12,78 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} = 159,75 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

4.1.5. Resultados del consumo eléctrico.

Para un consumo total de electricidad que cubra todos los servicios de la vivienda como ser: agua caliente sanitaria, calefacción y cocina tenemos los siguientes resultados.

Tabla 11
Consumo total e importe mensual de electricidad

Servicios	Artefactos eléctricos	Energía (Kwh/mes)	Tarifa (Bs/Kwh)	Costo total (Bs/mes)
Agua caliente sanitaria	Ducha	50,00	0,71	35,50
	Grifos	57,75	0,71	41,00
Calefacción	Estufa	60,00	0,71	42,60
Cocina	Cocina	207,00	0,71	159,75
	Horno	18		

Total	278,85
--------------	---------------

Fuente: Elaboración propia

El costo total por el consumo de electricidad es de 278,85 Bs/mes, este valor cubre el uso de todos los servicios por medio de la electricidad. Por otra parte podemos mencionar también el uso de un calefón o calentador rápido de agua, el cual se convierte en otra opción para obtener agua caliente en la ducha, lavamanos y lavaplatos.

Tabla 12
Estimación del consumo total e importe mensual de electricidad

Servicios	Artefactos eléctricos	Energía (Kwh/mes)	Tarifa (Bs/Kwh)	Costo total (Bs/mes)
Agua caliente sanitaria	Calentador de agua (Ducha, lavamanos y lavaplatos)	287,00	0,71	203,77
Calefacción	Estufa	60,00	0,71	42,60
Cocina	Cocina	207,00	0,71	159,75
	Horno	18		
Total				406,12

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando la ducha eléctrica y los grifos por el calentador rápido de agua obtenemos otro valor en el costo total igual a 406,12 Bs/mes.

4.2. CÁLCULOS DEL CONSUMO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO.

El consumo de gas licuado de petróleo para nuestra familia tipo está dirigido principalmente al área de cocina, para dicho servicio la cantidad consumida de este energético varía entre dos a tres garrafas por mes, el tiempo de uso está determinado por la necesidad de los consumidores con respecto a la cocción de alimentos, es importante mencionar que el artefacto de cocina ya se encuentra instalada en la vivienda.

Por otra parte, para cubrir los servicios de calefacción y agua caliente por medio del GLP, estimamos el consumo del energético al funcionamiento de una estufa y calefón.

Para el servicio de calefacción se estima el uso de una estufa a GLP con un consumo aproximado de una garrafa por mes, el tiempo de uso será quien determine la cantidad de garrafas que se consuma para satisfacer la necesidad de este servicio. Por otra parte, el servicio de agua caliente sanitaria dirigido a la ducha, lavamanos y lavaplatos está comprendida por el uso de un calefón que varía de 16 a 18 litros de capacidad.

Cuando consumimos GLP es importante conocer las características básicas de este combustible puesto que al salir gas de la garrafa disminuye la presión en su interior, para compensar la pérdida de presión, la fase líquida entra en ebullición cediendo calor para la vaporización, por lo que la temperatura del GLP líquido decae, el calor perdido por la vaporización del líquido es reemplazado por el calor del aire que rodea al depósito. Este calor se transmite del aire a través de la superficie metálica de la garrafa hacia el líquido, por seguridad no se debe calentar el envase con mecheros, velas u otros objetos que emitan calor.

4.2.1. Servicio de agua caliente sanitaria.

Calefón a GLP.

Para dotar de agua caliente a la vivienda por medio del gas licuado de petróleo determinamos el uso de un calefón, tomando en cuenta los caudales requeridos para cada servicio como se muestra a continuación.

Tabla 13
Caudal de agua caliente para artefacto a GLP

Artefacto	Caudal q (l/min)	Temperatura °C
1 Ducha	5	40
1 Lavamanos	3	
1 Lavaplatos	3	
Total	11	

Fuente: Centro de Capacitación del Gas - INFOCAL

Para establecer el tipo de calefón utilizamos los datos de la tabla 5 del anexo 3, posteriormente realizamos los siguientes cálculos:

$$P_{\text{útil}} = \frac{q(\text{l/min}) * \Delta T(^{\circ}\text{C})}{14,33} \text{ [Kw]} \quad P_{\text{UCN}} = \frac{P_{\text{ULP}}}{f_{\text{LP}}} \quad f_{\text{LP}} = 0,79$$

Donde:

q = Caudal de agua caliente (l/min)

ΔT = Variación de temperatura del sector (temperatura máxima – temperatura mínima)

$P_{\text{útil}}$ = Potencia útil (Kw)

P_{UCN} = Potencia útil en condiciones normales (Kw)

P_{ULP} = Potencia útil en la ciudad de La Paz (Kw)

f_{LP} = Factor de corrección de potencia por altura para la ciudad de La Paz

Reemplazando datos:

$$P_{\text{ULP}} = \frac{q * \Delta T}{14,33} = \frac{11 * (40 - 10)}{14,33} \Rightarrow P_{\text{ULP}} = 23 \text{ Kw}$$

$$P_{\text{UCN}} = \frac{P_{\text{ULP}}}{f_{\text{LP}}} = \frac{23}{0,79} \Rightarrow P_{\text{UCN}} = 29 \text{ Kw}$$

$$q_{\text{CN}} = \frac{P_{\text{UCN}} * 14,33}{\Delta T} = \frac{29 * 14,33}{25} \Rightarrow q_{\text{CN}} = 16,6 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

El valor del caudal en condiciones normales de 16,6 l/min se redondea al próximo superior normalizado, obteniendo de esta manera el valor de 18 l/min, por tal razón procedemos a realizar un nuevo cálculo para determinar las potencias.

Caudal estandarizado: $q_{\text{st}} = 18 \text{ l/min}$.

$$P_{\text{UCN}} = \frac{q_{\text{st}} * \Delta T}{14,33} = \frac{18 * (40 - 15)}{14,33} \Rightarrow P_{\text{UCN}} = 31 \text{ Kw}$$

Utilizando el rendimiento del calefón, hallamos la siguiente potencia absorbida.

$$P_{\text{absCN}} = \frac{P_{\text{UCN}}}{\eta} = \frac{31}{0,85} \Rightarrow P_{\text{absCN}} = 36 \text{ Kw}$$

Determinado las potencias, procedemos al cálculo de tiempo y costos de uso del calefón para la obtención de agua caliente sanitaria.

Cada persona utiliza la ducha 10 minutos/día, como tenemos cuatro integrantes en el hogar el tiempo aumenta a 40 minutos/día, con un consumo día por medio obtenemos el valor final de 10 horas/mes, paralelamente tenemos el uso de lavamanos y lavaplatos con un tiempo de 21 min/día o 10,5 horas/mes considerando que el uso es cada día.

Con la potencia de 36 Kw en el calefón y un tiempo de 10 horas/mes por el consumo del energético para el uso de la ducha, obtenemos una energía consumida de 360 Kwh/mes.

$$36 \text{ Kw} * 10 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 360 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

Utilizando los valores de la tabla 2 del anexo 3 con respecto a la densidad y poder calorífico superior e inferior del GLP determinamos los costos totales de uso por mes de acuerdo a los siguientes cálculos:

Para 1 m³ de volumen.

$$m = \rho * V \Rightarrow m = 2,23 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 1\text{m}^3 \Rightarrow m = 2,23 \text{ Kg}$$

Para 1 Kg de masa.

$$V = \frac{m}{\rho} \Rightarrow V = \frac{1 \text{ Kg}}{2,23 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} \Rightarrow V = 0,45 \text{ m}^3$$

Dividiendo el consumo energético de 360 Kwh/mes entre el poder calorífico inferior del GLP, calculamos el volumen consumido en el transcurso de un mes.

$$\frac{360 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{28,3 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 12,72 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 12,72 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * \frac{2,23 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} \Rightarrow 28,36 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

Por otra parte, con una potencia de 36 Kw en el calefón y un tiempo de 10,5 horas/mes por el consumo del energético para el uso de lavamanos y lavaplatos, obtenemos una energía consumida de 378 Kwh/mes.

$$36 \text{ Kw} * 10,5 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 378 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

Dividiendo este valor entre el poder calorífico inferior del GLP obtenemos el siguiente resultado:

$$\frac{378 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{28,3 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 13,35 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 13,35 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * \frac{2,23 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} = 29,77 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

Finalmente, el costo total por el consumo de GLP para el funcionamiento del calefón es:

$$28,36 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}} + 29,77 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}} = 58,13 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

Con este resultado, determinamos que por mes se consume aproximadamente 58 kg de GLP, vale decir 6 garrafas para el servicio de agua caliente sanitaria, con un costo mensual de 135 Bs considerando que cada garrafa llena vale 22,50 Bs.

4.2.2. Servicio de calefacción.

Estufa a GLP.

De forma adicional, realizamos los cálculos de consumo del GLP para el funcionamiento de estufas. Existe una diversa variedad de equipos a GLP usados para la calefacción de ambientes, desde los llamados hechizos hasta los fabricados bajo norma, el aparato a ser calculado para nuestro proyecto será una estufa de industria china, con las siguientes características:

Model N°	LQ – HE01
Heat input	4.100 w/h
Heating range	3 levels (4.100w/2.750w/1.400w)
Gas type	GLP
Consumption	299 g/h (Max)
Gas pressure	28 – 30 mbar
Products size	420x280x730 mm

El tiempo de uso del artefacto será: 1 hora por día y 30 días al mes, por otra parte utilizando el nivel más alto de calefacción correspondiente a 4,1 Kw, tenemos un consumo de:

$$4,1 \text{ Kw} * 1 \frac{\text{h}}{\text{día}} = 4,1 \frac{\text{Kwh}}{\text{día}} \Rightarrow 4,1 \frac{\text{Kwh}}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 123 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

Dividiendo el consumo energético de 123 Kwh/mes entre el PCI del GLP, determinamos la cantidad de energía (GLP) consumida en el transcurso del mes.

$$\frac{123 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{28,3 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 4,35 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 4,35 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * \frac{2,23 \text{ Kg}}{1 \text{m}^3} = 9,7 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

De acuerdo a este resultado, determinamos que una garrafa de GLP por mes es suficiente para el servicio de calefacción, en otras palabras, para mantener el o los ambientes cálidos una hora por día, se paga 22,50 Bs al mes.

4.2.3. Servicio de cocina.

Cocina a GLP.

La presión de servicio para los aparatos que funcionan con GLP es de 30 mbar, para obtenerla es necesario emplear un regulador, ya que la presión dentro la garrafa es de aproximadamente 4.000 mbar o 4 bar.

El consumo de gas licuado de petróleo para nuestro caso, esta exclusivamente dirigido a la cocción de alimentos, es decir para el servicio de cocina.

La cocina, como aparato a gas licuado de petróleo, cuenta con 4 quemadores y un horno, obteniendo una potencia absorbida total de 10 Kw.

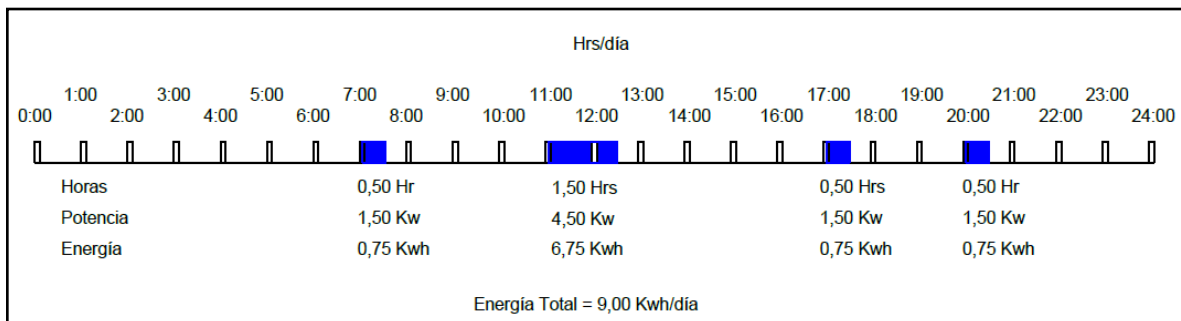
Tabla 14
Características técnicas de inyectores para cocinas a GLP

Descripción	Diámetro (mm)	Cantidad	Potencia unidad (Kw)	Potencia total (Kw)
Inyector (quemador para hornilla)	0,6	4	1,5	6
Inyector (quemador para horno)	1	1	4	4
Total				10

Fuente: Centro de Capacitación del Gas - INFOCAL

De acuerdo al siguiente gráfico, el consumo de energía por un día equivale aproximadamente a 9 Kwh, este valor no incluye el uso del horno.

Gráfico 2
Consumo diario de GLP para el servicio de cocina



Fuente: Elaboración propia

Según la fórmula de la densidad, tenemos lo siguiente:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \frac{PCI}{PCS} = 0,91$$

Donde:

$$\rho = \text{Densidad del GLP (2,23 Kg/m}^3\text{)}$$

m = Masa (Kg)

V = Volumen (m³)

PCI = Poder calorífico inferior del GLP (28,3 Kwh/m³)

PCS = Poder calorífico superior del GLP (31,1 Kwh/m³)

Reemplazando datos para el GLP, tenemos:

Para 1 m³ de volumen

$$m = \rho * V \Rightarrow m = 2,23 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 1\text{m}^3 \Rightarrow m = 2,23 \text{ Kg}$$

Para 1 Kg de masa

$$V = \frac{m}{\rho} \Rightarrow V = \frac{1 \text{ Kg}}{2,23 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} \Rightarrow V = 0,45 \text{ m}^3$$

Finalmente, dividiendo el consumo energético de 9 Kwh/día o 270 Kwh/mes entre el PCI, calculamos el volumen o peso de GLP consumido en el transcurso del mes.

$$\frac{270 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{28,3 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 9,54 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 9,54 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * \frac{2,23 \text{ Kg}}{1\text{m}^3} = 21,27 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

Con este valor, determinamos que por día se consume aproximadamente 0,71 Kg de GLP, vale decir 21,27 Kg o dos garrafas de GLP por mes, este resultado no incluye el uso del horno.

Por otra parte, tomando en cuenta el uso del horno con un tiempo de 12 h/mes para la cocción de alimentos, obtenemos el siguiente resultado:

$$4 \text{ Kw} * 12 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 48 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$\frac{48 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{28,3 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 1,70 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 1,70 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * \frac{2,23 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} = 3,79 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

Finalmente, el consumo e importe total por mes del GLP para el servicio de cocina incluyendo el uso del horno, es el siguiente:

$$21,30 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}} + 3,79 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}} = 25,09 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

Tomando en cuenta, que el tiempo de consumo energético varía, ya sea por salidas al trabajo, viajes, paseos, días festivos y reuniones en fines de semanas, entre otros, el número de garrafas consumidas puede reducir o aumentar. El consumo normal promedio de GLP para la familia tipo es de dos garrafas y media por mes, cada garrafa llena con GLP tiene un costo de 22,50 Bs, es decir que el costo final por el consumo de gas licuado de petróleo para el servicio de cocina es de 56,25 Bs/mes.

4.2.4. Resultados del consumo de GLP.

Finalmente, para un consumo total de gas licuado de petróleo (GLP) que cubra los servicios de agua caliente sanitaria, calefacción y cocina tenemos los siguientes resultados.

Tabla 15
Estimación del consumo total e importe mensual del GLP

Servicios	Artefactos eléctricos	Energía (Kwh/mes)	PCI (Kwh/m3)	Factor de conversión (Kg/m3)	Peso Total (Kg/mes)	Cantidad de garrafas	Costo Total (Bs/mes)
Agua caliente sanitaria	Calefón (Ducha, lavamanos y lavaplatos)	738,00	28,30	2,23	57,98	6	135,00
Calefacción	Estufa	123,00	28,30	2,23	9,70	1	22,50
Cocina	Cocina	270,00	28,30	2,23	21,27	2	56,25
	Horno	48,00	28,30	2,23	3,79	0,5	
Total							213,75

Fuente: Elaboración propia

Vale la pena mencionar que el costo total por el consumo de electricidad para el sector de electrodomésticos es independiente con relación a los cálculos realizados para los distintos energéticos, ya que este es un servicio exclusivo de aparatos eléctricos.

4.3. CÁLCULOS DEL CONSUMO DE GAS NATURAL.

Nuestra familia tipo no cuenta aún con instalación de gas natural, por tal razón realizamos proyecciones de consumo para los servicios de agua caliente sanitaria, calefacción y cocina con las características de uso energético respecto a los tiempos de consumo mencionados al principio del capítulo.

Para el servicio de agua caliente sanitaria contaremos con un calefón a gas natural de aproximadamente 16 a 18 litros de capacidad según los resultados obtenidos en los diferentes cálculos para distintas áreas como ser: ducha, lavamanos y lavaplatos.

Por otra parte, el servicio de calefacción estará cubierta por medio de estufas a gas natural, este tipo de aparato es de instalación fija por tal motivo determinaremos áreas específicas para su conexión.

Finalmente, el servicio de cocina contará con un aparato a gas natural de 10 Kw de potencia, este valor está en función a la cantidad de inyectores instalados en el equipo, el tiempo de uso será semejante a los servicios de cocina por medio de GLP y electricidad.

Los cálculos que se realizan respecto a las instalaciones domiciliarias de gas natural estarán en base a las normas señaladas por el anexo 5 de la agencia nacional de hidrocarburos (ANH), como también las normativas elaboradas por la fundación INFOCAL, institución dirigida al área de proyectos y diseño de redes internas de gas natural.

Paralelamente a los cálculos de consumo, realizamos el dibujo isométrico el cual nos servirá de guía para identificar los aparatos a gas natural (ver figura 2 de anexo 3).

La tarifa por el consumo de gas natural domiciliario es de 0,43 Bs/m³, valor emitido por la empresa YPFB y declarado en las facturas expuestas cada mes (ver anexo 3).

4.3.1. Servicio de agua caliente sanitaria.

Calefón a gas natural.

Para dotar de agua caliente sanitaria a la vivienda por medio del gas natural determinamos el uso de un calefón, tomando en cuenta los caudales de cada servicio como se muestra a continuación.

Tabla 16
Caudal de agua caliente para artefacto a gas natural

Artefacto	Caudal q (l/min)	Temperatura °C
1 Ducha	5	40
1 Lavamanos	3	
1 Lavaplatos	3	
Total	11	

Fuente: Centro de Capacitación del Gas - INFOCAL

Para establecer el tipo de calefón realizamos los siguientes cálculos:

$$P_{\text{útil}} = \frac{q(\text{l/min}) * \Delta T(^{\circ}\text{C})}{14,33} \text{ [Kw]} \quad P_{\text{UCN}} = \frac{P_{\text{ULP}}}{f_{\text{LP}}} \quad f_{\text{LP}} = 0,79$$

Donde:

q = Caudal de agua caliente (l/min)

ΔT = Variación de temperatura del sector (temperatura máxima – temperatura mínima)

P_{UCN} = Potencia útil en condiciones normales

P_{ULP} = Potencia útil en la ciudad de La Paz

f_{LP} = Factor de corrección de potencia por altura para la ciudad de La Paz

Reemplazando datos:

$$P_{U_{LP}} = \frac{q * \Delta T}{14,33} = \frac{11 * (40 - 10)}{14,33} \Rightarrow P_{U_{LP}} = 23 \text{ Kw}$$

$$P_{U_{CN}} = \frac{P_{U_{LP}}}{f_{LP}} = \frac{23}{0,79} \Rightarrow P_{U_{CN}} = 29 \text{ Kw}$$

$$q_{CN} = \frac{P_{U_{CN}} * 14,33}{\Delta T} = \frac{29 * 14,33}{25} \Rightarrow q_{CN} = 16,6 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

El valor del caudal en condiciones normales de 16,6 l/min se redondea al próximo superior obteniendo de esta manera el valor de 18 l/min, por tal razón procedemos a realizar un nuevo cálculo para determinar las potencias.

Caudal estandarizado: $q_{st} = 18 \text{ l/min}$.

$$P_{U_{CN}} = \frac{q_{st} * \Delta T}{14,33} = \frac{18 * (40 - 15)}{14,33} \Rightarrow P_{U_{CN}} = 31 \text{ Kw}$$

$$P_{abs_{CN}} = \frac{P_{U_{CN}}}{\eta} = \frac{31}{0,85} \Rightarrow P_{abs_{CN}} = 36 \text{ Kw}$$

Una vez determinado las potencias útiles y absorbidas, procedemos al cálculo de tiempo y costos de uso del calefón para la obtención de agua caliente sanitaria.

Cada persona utiliza la ducha 10 minutos/día, como son cuatro integrantes el tiempo aumenta a 40 minutos/día, el uso es día por medio dando un valor final de 10 horas/mes para este servicio, paralelamente tenemos el uso de lavamanos y lavaplatos con un tiempo de 21 min/día, el cual es constante vale decir cada día, dando un valor de 10,5 horas/mes, obteniendo finalmente un tiempo total de 20,5 horas/mes por el uso del calefón.

Con una potencia de 36 Kw en el calefón y un tiempo de 10 horas/mes por el consumo del energético para el uso de la ducha, obtenemos una energía consumida de 360 Kwh/mes.

$$36 \text{ Kw} * 10 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 360 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

Dividiendo este valor entre el poder calorífico inferior del gas natural (ver tabla 3 de anexo 3) y posteriormente multiplicando por la tarifa de este energético para el sector domiciliario obtenemos el siguiente resultado:

$$\frac{360 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{9,70 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 37,11 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 37,11 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,43 \frac{\text{Bs}}{\text{m}^3} = 15,96 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Por otra parte, contando con una potencia de 36 Kw en el calefón y un tiempo de 10,5 horas/mes por el consumo del energético para el uso de lavamanos y lavaplatos, obtenemos una energía consumida de 378 Kwh/mes.

$$36 \text{ Kw} * 10,5 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 378 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

Dividiendo este valor entre el poder calorífico inferior del gas natural y posteriormente multiplicando por la tarifa de este energético para el sector domiciliario obtenemos el siguiente resultado:

$$\frac{378 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{9,70 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 38,97 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 38,97 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,43 \frac{\text{Bs}}{\text{m}^3} = 16,76 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Finalmente, el costo total por el consumo de gas natural para el funcionamiento del calefón es:

$$15,96 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} + 16,76 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} = 32,71 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

El costo a pagar por el energético será de 32,71 Bs/mes, que consiste en el suministro de agua caliente para la ducha, lavamanos y lavaplatos, obteniendo de esta manera una diferencia en comparación con el uso de los demás energéticos analizados anteriormente para este servicio.

4.3.2. Servicio de calefacción.

Estufa a gas natural.

Para elaborar un sistema de calefacción, es importante conocer la potencia necesaria de cada estufa a gas natural requerida por los distintos ambientes.

Previo a la determinación de la potencia, realizamos un análisis de las características de cada uno de los ambientes, en los cuales se instalarán los elementos emisores de calor, dicho análisis se encuentra detallado en el Anexo 1.

De acuerdo a los resultados de la tabla 1 mostrados en el anexo 1, determinamos el uso de 7 estufas a gas natural, 6 con potencias de 2,3 Kw y uno de 5,8 Kw, cabe mencionar que el área de cocina no necesita de calefacción, por el hecho de contar con un ambiente cálido.

Para comparar los resultados de consumo que tienen las distintas estufas a GLP y electricidad dentro de la vivienda, concluimos con la idea de instalar un solo aparato a gas natural, es decir una estufa de 5,8 Kw, el cual estará instalado en la parte central de la vivienda (Living comedor) para poder distribuir el calor que emite hacia los diferentes ambientes.

Para determinar el costo del energético (gas natural) por el uso de la estufa, tenemos lo siguiente:

$$5,8 \text{ Kw} * \frac{1 \text{ h}}{\text{día}} = 5,8 \frac{\text{Kwh}}{\text{día}} \Rightarrow 5,8 \frac{\text{Kwh}}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 174 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

Dividiendo este valor por el poder calorífico inferior y multiplicando por la tarifa de gas natural domiciliario, obtenemos el siguiente resultado:

$$\frac{174 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{9,70 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 17,94 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 17,94 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,43 \frac{\text{Bs}}{\text{m}^3} = 7,71 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Es importante mencionar que la estufa tendrá un tiempo de funcionamiento aproximadamente de 1 hora por día.

4.3.3. Servicio de cocina.

Cocina a gas natural.

La cocina a utilizar es de cuatro hornillas con horno incluido mencionado anteriormente, el mismo tiene una potencia instalada de 10 Kw. Para que la cocina funcione con gas natural se realiza una modificación en el diámetro de los inyectores instalados en cada quemador, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 17
Características técnicas de inyectores para cocinas a gas natural

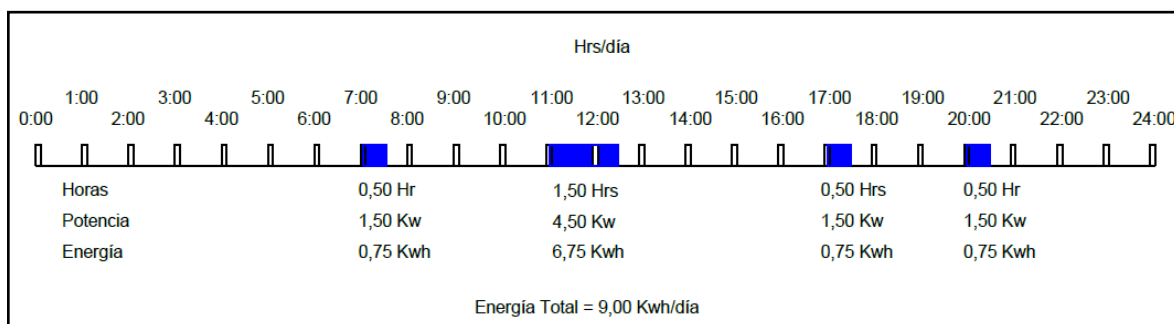
Descripción	Diámetro (mm)	Cantidad	Potencia unidad (Kw)	Potencia total (Kw)
Inyector (quemador para hornilla)	0,86	4,00	1,50	6,00
Inyector (quemador para horno)	1,40	1,00	4,00	4,00
Total				10,00

Fuente: Centro de Capacitación del Gas – INFOCAL.

De acuerdo a los datos obtenidos por el aparato y según las características del gas natural, tenemos lo siguiente:

$$P_{\text{absCN}} = 10 \text{ Kw} \quad PCS = 10,8 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3} \quad PCI = 9,7 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}$$

Gráfico 3
Consumo diario de Gas Natural para el servicio de cocina



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al gráfico anterior, el consumo promedio de energía por un día equivale aproximadamente a 9 Kwh, este valor no incluye el uso del horno.

Se realizarán dos cálculos de consumo, el primero excluyendo el uso del horno, y el segundo con todos los quemadores en funcionamiento incluyendo el horno.

1°.- Servicio de cocina sin horno.

$$9 \frac{\text{Kwh}}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 270 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

Dividiendo el resultado por el poder calorífico inferior y multiplicando por la tarifa de gas natural domiciliario, tenemos lo siguiente:

$$\frac{270 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{9,70 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 27,83 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 27,83 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,43 \frac{\text{Bs}}{\text{m}^3} = 11,97 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

2°.- Servicio de cocina con horno.

Teniendo en cuenta que el quemador para el horno tiene una potencia de 4 Kw y por otra parte el tiempo de uso para el mismo es de 3 horas por semana vale decir 12 horas por mes, tenemos lo siguiente:

$$4 \text{ Kw} * 12 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 48 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

Dividiendo este valor por el poder calorífico inferior y multiplicando por la tarifa del gas natural domiciliario, obtenemos el siguiente resultado:

$$\frac{48 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{9,70 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 4,95 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 4,95 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,43 \frac{\text{Bs}}{\text{m}^3} = 2,13 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

El costo total por el energético (gas natural) consumido cada mes para el servicio de cocina (hornillas más horno) es de 14,10 Bs, como se detalla a continuación:

$$11,97 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} + 2,13 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}} = 14,10 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

4.3.4. Resultados del consumo de gas natural.

Finalmente, realizamos la sumatoria del consumo total de gas natural (GN) que cubre los servicios de agua caliente sanitaria, calefacción y cocina, obteniendo de esta manera los siguientes resultados:

Tabla 18
Estimación del consumo total e importe mensual de gas natural

Servicios	Artefactos eléctricos	Energía (Kwh/mes)	PCI (Kwh/m³)	Tarifa gas natural (Bs/m³)	Costo Total (Bs/mes)
Agua caliente sanitaria	Calefón (Ducha, lavamanos y lavaplatos)	738,00	9,70	0,43	32,71
Calefacción	Estufa	174,00	9,70	0,43	7,71
Cocina	Cocina	270,00	9,70	0,43	14,10
	Horno	48,00			
Total					54,52

Fuente: Elaboración propia

4.4. RESULTADOS.

El consumo e importe promedio de electricidad de acuerdo a las facturas o recibos que tiene la familia tipo con respecto a los meses de enero a junio del año 2018 es de 137 Kwh/mes y 97,25 Bs/mes respectivamente, por otra parte, dicha familia consume dos garrafas y media de GLP por mes para satisfacer las necesidades que se encuentran en el servicio de cocina. Los resultados obtenidos por el consumo promedio actual de electricidad y GLP son valores aproximados a la realidad que justifican los importes de las facturas emitidas cada cierto tiempo.

Tabla 19
Importe promedio de electricidad y GLP próximo a la realidad de aparatos instalados en la vivienda

Servicios	Artefactos eléctricos	Energía (Kwh/mes)	Tarifa (Bs/Kwh)	Costo total (Bs/mes)
Electrodomésticos	Electrodomésticos	92,98	0,71	66,02
Agua caliente	Ducha	50,00	0,71	35,50
Total				101,52
Cocina (Gas Licuado de Petróleo)				56,25
Consumo total de electricidad y GLP				157,77

Fuente: Elaboración propia

La familia normalmente cancela un importe aproximado de 157,77 Bs/mes por el consumo de electricidad y gas licuado de petróleo, dicho consumo es requerido por los servicios de agua caliente (en ducha), cocina (cocina – horno) y el funcionamiento de todos los electrodomésticos detallados al inicio del capítulo 4.

Los siguientes valores, son resultados de las proyecciones realizadas con respecto al funcionamiento de los distintos aparatos, dirigidos a cubrir la demanda de los diferentes servicios requeridos por la vivienda.

De acuerdo a los tiempos establecidos por la familia, para el funcionamiento de los diferentes aparatos a electricidad, GLP y gas natural (según tabla 5), determinamos los siguientes resultados con respecto al consumo de cada energético.

Tabla 20
Estimación del consumo energético total

Servicios	Electricidad				Gas Licuado de Petróleo			Gas Natural	
	Artefactos eléctricos	Costo (Bs/mes)	Artefactos eléctricos	Costo (Bs/mes)	Artefactos a GLP	Cantidad de garrafas	Costo (Bs/mes)	Artefactos a Gas Natural	Costo (Bs/mes)
Agua caliente sanitaria	Ducha	35,50	Calentador rápido	203,77	Calefón - Ducha	3,00	67,50	Calefón - Ducha	15,95
	Grifos	41,00			Calefón - Lavamanos y lavaplatos	3,00	67,50	Calefón - Lavamanos y lavaplatos	16,76
Calefacción	Estufa	42,60	Estufa	42,60	Estufa	1,00	22,50	Estufa	7,71
Cocina	Cocina	159,75	Cocina	159,75	Cocina	2,00	45,00	Cocina	14,10
	Horno		Horno		0,50	11,25	Horno		
Total		278,85		406,12			213,75		54,52
Electrodomésticos		66,02		66,02			66,02		66,02
Importe total		344,87		472,14			279,77		120,54

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando los aparatos de ducha y grifos eléctricos por un calentador rápido, notamos que existe una diferencia económica de 127,27 Bs por el consumo de electricidad.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a todo el análisis realizado, se emiten las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El presente proyecto académico tiene como objetivo realizar una cuantificación del cambio de la matriz energética residencial en un hogar tipo de la ciudad de La Paz.
- Para fines del presente estudio académico, se han realizado las cuantificaciones y estimaciones de consumo en el hogar residencial para los siguientes energéticos: Energía Eléctrica, Gas Licuado de Petróleo y Gas Natural.
- Inicialmente se realizó un relevamiento de información de dos semanas continuas sobre el tiempo de consumo y uso de todos los artefactos que requieren una fuente energética para su funcionamiento.
- Con los datos obtenidos de este relevamiento, se establecieron las horas de funcionamiento que requieren los servicios de agua caliente sanitaria, calefacción y cocina.
- Estas horas de consumos identificados para todos los artefactos dentro de la familia residencial, fueron utilizados de manera uniforme para cuantificar los costos de consumo asociados para cada uno de los energéticos mencionados (Energía Eléctrica, Gas Licuado de Petróleo y Gas Natural).
- Se consideró como antecedente seis facturas emitidas por la empresa distribuidora de energía eléctrica del primer semestre del año 2018, cuyo promedio mensual de consumo es de 97,25 Bs/mes. En base al relevamiento de consumo realizado en las dos semanas, se realizaron los cálculos de cuantificación por el uso de los artefactos dentro de la vivienda residencial, y el resultado obtenido es de 101,52 Bs/mes. Existe una diferencia de 4,27 Bs/mes entre las estimaciones realizadas y el monto real facturado, diferencia que equivale al 4,4% de variación respecto al monto facturado. Por tanto, se considera

que el relevamiento de los tiempos de consumo de los artefactos dentro de la vivienda es consistente con la realidad.

- Posteriormente, se realizó las estimaciones de consumo para cada energético (Energía Eléctrica, Gas Licuado de Petróleo y Gas Natural) enfocados a cubrir la demanda del hogar respecto a los servicios de agua caliente sanitaria, calefacción y cocina.
- Para el uso de electrodomésticos dentro del hogar, se mantuvo el importe de consumo de electricidad, puesto que hasta la fecha no existen electrodomésticos que utilicen diferente fuente de energía que la electricidad.

Finalmente, los resultados obtenidos por la estimación de consumo para los distintos energéticos son los siguientes:

Tabla 21
Estimación del consumo energético total

Servicios	Electricidad				Gas Licuado de Petróleo			Gas Natural	
	Artefactos eléctricos	Costo (Bs/mes)	Artefactos eléctricos	Costo (Bs/mes)	Artefactos a GLP	Cantidad de garrafas	Costo (Bs/mes)	Artefactos a Gas Natural	Costo (Bs/mes)
Agua caliente sanitaria	Ducha	35,50	Calentador rápido	203,77	Calefón - Ducha	3,00	67,50	Calefón - Ducha	15,95
	Grifos	41,00			Calefón - Lavamanos y lavaplatos	3,00	67,50	Calefón - Lavamanos y lavaplatos	16,76
Calefacción	Estufa	42,60	Estufa	42,60	Estufa	1,00	22,50	Estufa	7,71
Cocina	Cocina	159,75	Cocina	159,75	Cocina	2,00	45,00	Cocina	14,10
	Horno		Horno		0,50	11,25	Horno		
Total		278,85		406,12			213,75		54,52
Electrodomésticos		66,02		66,02			66,02		66,02
Importe total		344,87		472,14			279,77		120,54

Fuente: Elaboración propia

- De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla anterior, el importe mayor para cubrir los servicios de agua caliente sanitaria, calefacción, cocina y electrodomésticos viene dada por el consumo de electricidad, seguido del gas licuado de petróleo y finalmente el gas natural.
- El consumo de energía eléctrica resulta tener un costo muy elevado en comparación al GLP y gas natural. El valor que resalta de manera atractiva en beneficio a la economía de la familia es el consumo del gas natural.
- El uso de gas natural significa para los usuarios residenciales menos del 50% del costo respecto al uso de electricidad y GLP.
- Finalmente, se recomienda que este tipo de análisis académico pueda ser difundido de manera clara y objetiva, a fin que los usuarios residenciales puedan tomar decisiones respecto a las diferentes opciones para el cambio de la matriz energética residencial.

BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS. (S.F.). ANEXO V, INSTALACIONES DE CATEGORÍAS DOMÉSTICA Y COMERCIAL DE GAS NATURAL. LA PAZ.
- AGENCIA, NACIONAL DE HIDROCARBUROS. (2016). ANUARIO ESTADISTICO 2016. LA PAZ.
- AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y CONTROL SOCIAL DE ELECTRICIDAD. (2017). ANUARIO ESTADISTICO 2017. LA PAZ.
- BARRAGAN, R. (2011). GUÍA PARA LA FORMULACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN. LA PAZ: PIEB.

- CAF, ALADI, CEPAL, CIER, OEA, & OLADE. (2013). ENERGIA: UNA VISIÓN SOBRE LOS RETOS Y OPORTUNIDADES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE. CAF.
- ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA. (2015). PLAN DE DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL 2016 – 2020 EN EL MARCO DEL DESARROLLO INTEGRAL PARA VIVIR BIEN. LA PAZ.
- FABIANI, J., & QUEZADA, B. (2008). TECNICO DE PROYECTOS II. LA PAZ: INFOCAL CENTRO DE CAPACITACIÓN DE GAS.
- FUNDACIÓN DE LA ENERGÍA DE LA COMUNIDAD DE MADRID. (2002). NATURALEZA DEL GAS NATURAL. EL GAS NATURAL, 19.
- GUZMAN, J. C., & MOLINA, S. (2017). DISCURSOS Y REALIDADES, MATRIZ ENERGÉTICA. LA PAZ: CEDLA.
- LOPEZ, JOSE EMILIO . (2001). MANUAL DE INSTALACIÓN DE GLP. MADRID: CEPSA.
- LPG EXCEPTIONAL ENERGY. (2015). COMPOSICIÓN DEL GLP. LPG EXCEPTIONAL ENERGY, 9. OBTENIDO DE COMPOSICIÓN DEL GLP.
- MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGIA. (2014). BALANCE ENERGÉTICO DEPARTAMENTAL 2014. LA PAZ.
- MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA. (2016). PLAN DE DESARROLLO ENERGÉTICO 2008 - 2027. SANTA CRUZ.
- YACIMIENTOS PETROLIFEROS FISCALES BOLIVIANOS. (2015). BOLETIN ESTADISTICO. LA PAZ.

ANEXOS

ANEXO 1

CONSIDERACIONES PARA EL USO DE ESTUFAS A GAS NATURAL PARA DISTINTOS AMBIENTES

Las características para determinar el tipo de estufa necesario que requiere cada ambiente están en función de:

- La situación geográfica de la ciudad (del local)
- La ubicación de las paredes del local
- El aislamiento de techo y piso.

De acuerdo a la tabla 4 del anexo 3, la clasificación de zona para la ciudad de La Paz es de H1, esto por la situación o ubicación geográfica de la ciudad, ya que la misma se encuentra a una altura de 3.650 m.s.n.m.

Otra de las características importantes a analizar, viene a ser la ubicación de cada una de las paredes que compone el local a ser calefaccionado, pues cuantas más paredes estén en contacto con las fachadas exteriores, el requerimiento de potencias será mayor o viceversa. Es importante también el conocimiento de la cantidad de paredes vitrificadas (ventanas).

Figura 1
Pared vitrificada

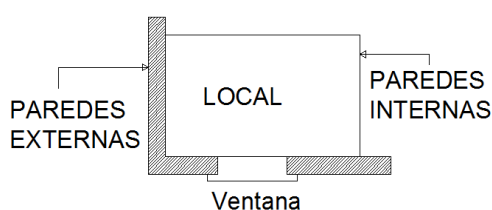
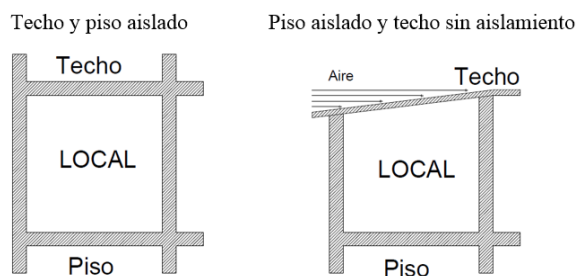


Figura 2
Aislamiento de techos y pisos



La potencia también varía en función al aislamiento existente o no en techos y pisos del local a analizar. Se considera local con techo y piso aislado, cuando el local en análisis es un ambiente intermedio, ubicado entre dos pisos.









Cuando el local en análisis se encuentra en un extremo superior, entonces se lo denomina como un local de piso aislado y techo sin aislamiento, como se aprecia en la figura 2.

Teniendo la situación geográfica H1, la ubicación de paredes en cada habitación y los datos sobre el aislamiento de techos y pisos, establecemos el tipo de clase que le corresponde a cada ambiente (ver tabla 8 del anexo 3).

Una vez establecido lo anterior, calculamos el volumen que tiene cada ambiente utilizando como referencia los datos de la figura 1 del anexo 3, para dichos cálculos el valor de la altura es de 3 metros. Teniendo los volúmenes y el tipo de clase para cada habitación nos dirigimos a la tabla 9 del anexo 3 para determinar las potencias necesarias requeridas por los espacios a ser calefaccionados, los radiadores o estufas comerciales en el mercado nacional cuentan con potencias desde 2.000 Kcal/h (2,32 Kw) hasta 6.000 Kcal/h (6,98 Kw).

Finalmente, las potencias determinadas para cada ambiente de nuestra vivienda lo podemos apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 1
Cálculo de potencias para calefacción dividida

Local	Ubicación Geográfica	Aislamiento techo y piso	Ubicación de paredes	Clase del local	Volumen (m ³)	Potencia (Kw) cálculo	Potencia Total (Kw)	Potencia real (Kw)
D1	H1	NO aislado		5	32,9	2,5	2,5	2,3
D2	H1	NO aislado		4	32,9	2,3	2,3	2,3
D3	H1	NO aislado		5	25,6	2	2	2,3
L. COM	H1	NO aislado		5	72	4,2	5,7	5,8
PASILLO	H1	NO aislado		4	15	1,5		
COC	H1	NO aislado		4	22,2	1,7	1,7	2,3
B1	H1	NO aislado		5	14,1	1,5	1,5	2,3
B2	H1	NO aislado		4	2,8	1,1	1,1	2,3

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 2

CONSIDERACIONES CON MAYORES TIEMPOS DE CONSUMO ENERGÉTICO

Los nuevos datos de referencia con relación a los tiempos de funcionamiento para los distintos artefactos son los siguientes:

Tabla 1
Tiempos propuestos para el funcionamiento de equipos energéticos

Servicios	Aparatos	Tiempos de uso		
		(min/día)	(h/día)	(h/mes)
Agua Caliente Sanitaria	Ducha	40	0,7	20
	Lavamanos y lavaplatos	30	0,5	15
Calefacción	Estufa	180	3	90
Cocina	Cocina	120	2	60
	Horno	60	1	30

Fuente: Elaboración propia

CONSUMO DE ELECTRICIDAD.

Ducha.

Potencia = 5.000 w

Tiempo de uso: 40 minutos por día (20 horas/mes)

$$5.000 \text{ w} * 20 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 100 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 100 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 71 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Lavamanos.

Potencia = 5.500 w

Tiempo de uso: 12 minutos por día (6 horas/mes)

$$5.500 \text{ w} * 6 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 33 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 33 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 23,43 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Lavaplatos.

Potencia = 5.500 w

Tiempo de uso: 18 minutos por día (9 horas/mes)

$$5.500 \text{ w} * 9 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 49,5 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 49,5 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 35,14 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Estufa.

Potencia = 2.000 w

Tiempo de uso: 180 minutos por día (90 horas/mes)

$$2.000 \text{ w} * 90 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 180 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 180 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 127,8 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Cocina.

Potencia instalada = 5.700 w

Potencia consumida = 3.500 w

Tiempo de uso: 120 minutos por día (60 horas/mes)

$$3.500 \text{ w} * 60 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 210 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 210 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 149 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Horno.

Potencia = 1.500 w

Tiempo de uso: 60 minutos por día (30 horas/mes)

$$1.500 \text{ w} * 30 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 45 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \Rightarrow 45 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \frac{0,71 \text{ Bs}}{1 \text{ Kwh}} = 31,95 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

CONSUMO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO.

Ducha.

Potencia del calefón = 36.000 w

Tiempo de uso: 40 minutos por día (20 horas/mes)

$$36.000 \text{ w} * 20 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 720 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$\frac{720 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{28,3 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 25,44 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 25,44 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * \frac{2,23 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} \Rightarrow 57 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

Este resultado equivale a seis garrafas de GLP, por tal razón el importe será de 135 Bs.

Lavamanos.

Potencia del calefón = 36.000 w

Tiempo de uso: 12 minutos por día (6 horas/mes)

$$36.000 \text{ w} * 6 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 216 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$\frac{216 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{28,3 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 7,63 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 7,63 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * \frac{2,23 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} \Rightarrow 17 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

El resultado equivale a dos garrafas de GLP, el importe será de 45 Bs.

Lavaplatos.

Potencia del calefón = 36.000 w

Tiempo de uso: 18 minutos por día (9 horas/mes)

$$36.000 \text{ w} * 9 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 324 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$\frac{324 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{28,3 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 11,45 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 11,45 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * \frac{2,23 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} \Rightarrow 25,53 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

El resultado equivale a dos garrafas y media de GLP, el importe será de 56,25 Bs.

Estufa.

Potencia = 4.100 w

Tiempo de uso: 180 minutos por día (90 horas/mes)

$$4.100 \text{ w} * 90 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 369 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$\frac{369 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{28,3 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 13 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 13 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * \frac{2,23 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} \Rightarrow 29 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

El resultado equivale a tres garrafas de GLP, el importe será de 67,50 Bs.

Cocina.

Potencia = 6.000 w

Tiempo de uso: 120 minutos por día (60 horas/mes)

$$6.000 \text{ w} * 60 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 360 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$\frac{360 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{28,3 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 12,72 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 12,72 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * \frac{2,23 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} \Rightarrow 28,37 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

El resultado equivale a tres garrafas de GLP, el importe será de 67,50 Bs.

Horno.

Potencia = 4.000 w

Tiempo de uso: 60 minutos por día (30 horas/mes)

$$4.000 \text{ w} * 30 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 120 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$\frac{120 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{28,3 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 4,24 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 4,24 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * \frac{2,23 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} \Rightarrow 9,45 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

El resultado equivale a una garrafa de GLP, el importe será de 22,50 Bs.

CONSUMO DE GAS NATURAL.

Ducha.

Potencia del calefón = 36.000 w

Tiempo de uso: 40 minutos por día (20 horas/mes)

$$36.000 \text{ w} * 20 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 720 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$\frac{720 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{9,70 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 74,23 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 74,23 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,43 \frac{\text{Bs}}{\text{m}^3} \Rightarrow 32 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Lavamanos.

Potencia del calefón = 36.000 w

Tiempo de uso: 12 minutos por día (6 horas/mes)

$$36.000 \text{ w} * 6 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 216 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$\frac{216 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{9,70 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 22,27 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 22,27 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,43 \frac{\text{Bs}}{\text{m}^3} \Rightarrow 9,58 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Lavaplatos.

Potencia del calefón = 36.000 w

Tiempo de uso: 18 minutos por día (9 horas/mes)

$$36.000 \text{ w} * 9 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 324 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$\frac{324 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{9,70 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 33,40 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 33,40 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,43 \frac{\text{Bs}}{\text{m}^3} \Rightarrow 14,36 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Estufa.

Potencia = 5.800 w

Tiempo de uso: 180 minutos por día (90 horas/mes)

$$5.800 \text{ w} * 90 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 522 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$\frac{522 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{9,70 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 53,81 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 53,81 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,43 \frac{\text{Bs}}{\text{m}^3} \Rightarrow 23,13 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Cocina.

Potencia = 6.000 w

Tiempo de uso: 120 minutos por día (60 horas/mes)

$$6.000 \text{ w} * 60 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 360 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$\frac{360 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{9,70 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 37,11 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 37,11 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,43 \frac{\text{Bs}}{\text{m}^3} \Rightarrow 15,96 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Horno.

Potencia = 4.000 w

Tiempo de uso: 60 minutos por día (30 horas/mes)

$$4.000 \text{ w} * 30 \frac{\text{h}}{\text{mes}} = 120 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

$$\frac{120 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}}{9,70 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^3}} = 12,37 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} \Rightarrow 12,37 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * 0,43 \frac{\text{Bs}}{\text{m}^3} \Rightarrow 5,32 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

Con estos nuevos datos de tiempo para el funcionamiento de los diferentes aparatos, obtenemos valores superiores a los determinados anteriormente, pero con la diferencia que aumentan los beneficios con respecto al uso de cada servicio.

Tabla 2

Características de consumo energético con tiempos diferentes a la inicial

Artefactos	Importe mensual (Bs)			Tiempo de uso
	Electricidad	GLP	GN	(h/día)
Ducha	71,00	135,00	32,00	0,70
Lavamanos	23,43	45,00	9,58	0,20
Lavaplatos	35,14	56,25	14,36	0,30
Estufa	127,80	67,50	23,13	3,00
Cocina	149,00	67,50	15,96	2,00
Horno	31,95	22,50	5,32	1,00
Total	438,32	393,75	100,35	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3 TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1

Datos propios del consumo de electricidad en la vivienda (Gestión - 2018)

Mes de la factura	Energía consumida (Kwh)	Importe total por consumo (Bs)	Valor por Kwh (Bs)
Enero	158	110,14	0,70
Febrero	120	86,00	0,72
Marzo	133	94,50	0,71
Abril	139	98,39	0,71
Mayo	132	94,40	0,71
Junio	141	100,09	0,71
Promedio	137	97,25	0,71

Fuente: Facturas de consumo – DELAPAZ

Facturas de consumo eléctrico.

The image displays 12 individual electricity bills from DELAPAZ, arranged in a 3x4 grid. Each bill is for a residential customer (VIVIENDA) and includes the following information:

- Header:** DELAPAZ logo, company address (Av. Simón Bolívar N° 1987 - La Paz - Tel: 222 2200), and website (www.delapaz.bo).
- FACTURA:** NIT: 1020613020, FACTURA N°: 123009, AUTORIZACIÓN: 296401700004628, ORIGINAL.
- FECHA EMISIÓN:** La Paz 12 de Enero de 2018.
- DATOS DEL CONSUMIDOR:**
 - NOMBRE: QUISEP, JUSTINA CH DE
 - NIT/C: 2056439
 - DIRECCIÓN: PANTIFICRA, C.LL 121211
 - CIUDAD/LOCALIDAD: LA PAZ
 - REDESARLUTA: 8/11454
 - ACTIVIDAD: VIVIENDA
 - CARTA FACTURA:
 - MESES DE LA FACTURA: ENERO-2018
 - FECHA DE LECTURA: ANTERIOR: 13-DIC-17, ACTUAL: 12-ENE-18
 - LECTURA MEDIDOR: ANTERIOR: 2813, ACTUAL: 2971
 - TIPO LECTURA: Lectura Normal
 - Energía consumida en (30) días: 158 kWh
 - Total energía a facturar: 158 kWh
- DETALLE DE FACTURACIÓN:**
 - Importe por energía: Bs 110.14
 - Importe por consumo: Bs 110.14
 - Importe total por consumo: Bs 110.14
 - Importe total por el suministro: Bs 110.14
 - Tasas para el Gobierno Municipal: Bs 11.96 (alumbrado público), Bs 8.80 (aseo urbano)
 - Importe total factura: Bs 130.90

The bills continue sequentially through February to June, showing monthly variations in consumption and billing amounts, with the final bill for June showing a total amount of 100.09 Bs.

Facturas o recibos de GLP y gas natural.

"TRIPETROL" SRL.

CASA MATRIZ - 0 NIT: 269838027
 Calle Manuel Villca N° 65
 Zona Cumaravi (Senkata)
 Telf. 2807284 - El Alto - La Paz - Bolivia

FACTURA No 00212248

Por 10 Kg. Gas Licuado AUTORIZACION N° 297301800005844
 ORIGINAL CLIENTE
 Suministro de gas, distribución de combustibles gaseosos

SON: **Bs. 22.50** (ventidos 50/100 Bolivianos).

El Alto, de de 20

VALIDO PARA CREDITO FISCAL

SI NO ES ATENDIDO SU RECLAMO LLAME AL TELF. 800-10-6006 - ODECO
FECHA LIMITE DE EMISION: 30/11/2019
 LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL Y/O EL USO NO AUTORIZADO DE ESTA
 NOTA FISCAL, CONSTITUYE UN DELITO A SER SANCIONADO CONFORME A LEY
 LEY 453: Tienes derecho a recibir información sobre las características y contenidos de los servicios que utilices.

GERENCIA NACIONAL DE REDES DE GAS Y DUCTOS
 DISTRITAL LA PAZ
 Tel. 2472496 int 413/207

AVISO DE COBRANZA: MARZO 2019

FECHA: 12/MARZO/2019 (10:18)

NOMBRE : QUISPE JOSE
 DIRECCION: C/ 12 N/ 212

CODIGO USUARIO : 478824
 CODIGO UBICACION : 01011030290008011
 CATEGORIA : DOMESTICO
 SERIE MEDIDOR : 150717524

DATOS DE LECTURA

FECHA	LECTURA
ANTERIOR 11/02/2019	439 MC
ACTUAL 12/03/2019	478 MC
VOLUMEN A FACTURAR PARA MAR/2019	39 MC

IMPORTE DEL MES DE MARZO/2019

IMPORTE POR CONSUMO DE G.N.:	Bs16.73
REPOSICION DE FORMULARIO :	Bs0.98
IMPORTE DEL MES DE MAR/2019	Bs17.71

DISPONIBLE EN BANCOS A PARTIR DEL 02/04/2019
 CON FECHA DE VENCIMIENTO 20/04/2019

DEUDAS PENDIENTES A LA FECHA

DEUDAS PENDIENTES DE PAGO: 0 MES(ES)	
NOV/2018	----
DIC/2018	----
ENE/2019	----
FEB/2019	----

DEUDA TOTAL PENDIENTE A LA FECHA Bs0.00

A DOS FACTURAS VENCIDAS SUSPENSIÓN DE SERVICIO
 LINEA GRATUITA 800-10-1888
 YPFB NO REALIZA NINGUN COBRO A DOMICILIO

Tabla 2
 Propiedades del gas licuado de petróleo (GLP)

Composición (% Vol)	Unidades	Propano	GLP	Butano
Propanos	%	100,00	60,00	0,00
Butanos	%	0,00	40,00	100,00
Densidad relativa	-----	1,53	1,72	2,01
Densidad absoluta	Kg/m3	1,98	2,23	2,60
Poder Calorífico Superior (PCS)	Kwh/m3	27,50	31,10	36,50
Poder Calorífico Inferior (PCI)	Kwh/m3	25,02	28,30	33,21

Fuente: Centro de Capacitación del Gas - INFOCAL

Tabla 3
 Propiedades del Gas Natural

P.C.S. (Kwh/m ³)	P.C.I. (Kwh/m ³)	Densidad relativa	Temperatura de inflamación (°C)	Presión de utilización (mbar)
10,8	9,7	0,62	650	18

Fuente: Centro de Capacitación del Gas - INFOCAL

Tabla 4
Clasificación de la zona en relación a la altura (S.N.M.)

Clasificación de la zona	Altitud (m) s.n.m.	Ejemplos
H1	3200 – 4000	El Alto, La Paz
H2	2550 – 3200	Calacoto, Achumani
H3	1500 – 2550	Cochabamba, Sucre

Fuente: Anexo 5 - A.N.H.

Tabla 5
Factor de disminución de potencia por altura

Ciudad	Altura s.n.m. (m)	Presión atmosférica		Temperatura ambiente		Factor f
		cm Hg	mbar	°C	°K	
El Alto	4,000	46.50	620	12	285	0.770
La Paz	3,600	49.00	653	15	288	0.786
Cochabamba	2,558	56.00	747	20	293	0.831
Tarija	1,866	61.50	820	20	293	0.870

Fuente: Anexo 5 - A.N.H.

Tabla 6
Composición y concentración promedio del aire en diferentes ciudades de Bolivia

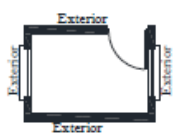
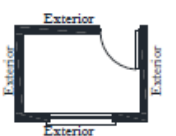
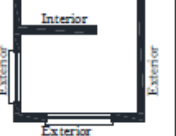
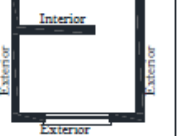

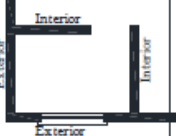
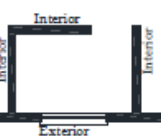
Ciudad	Altitud m.s.n.m.	Temperatura promedio °C	Presión Atm	Composición del aire			Concentración de Oxígeno mol/m ³
				% O ₂	% N ₂	N ₂ /O ₂	
Tarija	1,854	18.28	0.804	20.5	79.5	3.885	6.84
Cochabamba	2,574	17.89	0.739	20.3	79.7	3.930	6.23
Sucre	2,801	14.55	0.713	20.2	79.8	3.946	5.99
La Paz	3,650	12.96	0.647	20.0	80.0	4.00	5.38
Oruro	3,735	9.89	0.637	19.97	80.03	4.01	5.29
Potosí	4,070	8.23	0.610	19.9	80.1	4.03	5.04

Fuente: Universidad Técnica de Oruro

Tabla 7
Factores de conversión

Longitud	Energía
1 pie = 12" = 1/3 YD	1 Kw = 859,9 Kcal/hr
1 pie = 0,3048 m	1 Kwh = 3412,874 BTU
1 pulg = 2,54 cm	1 Kwh = 1,34102 HP
1 YD = 0,9144018 m	1Kw.h/m3 = 96,68 BTU/PC
1 Km = 0,62137 Millas	1 W = 1 J/s = 3600 J/h
1 Milla = 1.609,347 m	1 kWh = 3,6 MJ
1 Milla = 5.280 pie	1 Kcal = 3,96825 BTU
	1 Kcal = 4.187,3 Joule
Volumen	1 Kcal/m3 = 0,1123 BTU/PC
1MC = 35,314667 PC	1 MBTU = 0,0269 m ³ /h
1 pie ³ = 28,316847 lt	1 BTU = 0,2521644 Kcal internacional
1 pie ³ = 7,4805195 Gln	1 BTU = 0,251995698 Kcal temoquímica
1 Barril = 158,984 lt	1 BTU/ PC = 9,547 Kcal/m3
1 Barril = 42 Gln (USA)	1 BTU/ lb = 0,556 Kcal/Kg
1 Gln (USA) = 3,78533 lt	1 HP = 745,7 W
	1 temia = 1.000 Kcal
Peso	1 temia/h = 1,162 Kw
1 lb = 0,4536 Kg	1 Newton = 1 Joule/m
1 lb = 16 onzas	1 CV = 0,7355 Kw = 1 HP métrico
1 Kg = 2,20462 lb	

Tabla 8
Determinación de la clase del local (ambientes)

Clase de zona	Características del local a calefaccionar							
Aislamiento		4 Paredes Exteriores (2 Vitreas)	4 Paredes Exteriores (1 Vitrea)	1 Pared Interior 3 Paredes Exteriores (2 Vitreas)	1 Pared Interior 3 Paredes Exteriores (1 Vitrea)	2 Paredes Exteriores 2 Paredes Interiores (2 Vitreas)	2 Paredes Exteriores 2 Paredes Interiores (1 Vitrea)	1 Pared Exterior 3 Paredes Interiores (1 Vitrea)
H1	Techo y Piso Aislados	9	8	8	7	6	4	3
	Techo ó Piso Aislado	9	9	8	8	6	5	4
	Techo y Piso No Aislados	10	9	9	8	7	5	4
H2	Techo y Piso Aislados	7	6	6	5	4	4	2
	Techo ó Piso Aislado	7	7	6	5	5	4	3
	Techo y Piso No Aislados	8	7	7	6	5	5	3
H3	Techo y Piso Aislados	6	5	5	4	4	3	1
	Techo ó Piso Aislado	6	6	5	5	4	4	2
	Techo y Piso No Aislados	7	6	6	5	5	5	2

Fuente: Anexo 5 – A.N.H.

Tabla 9
Determinación de la potencia para cada local (ambiente)

Clase de Local	Volumen del ambiente (m ³)																								
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140
1	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3	3,4	3,6	3,8	3,9	4,2	4,4	4,5	4,7	4,9	5,1	5,2	5,4	5,6	5,7
2	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,4	3,7	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9	5,2	5,3	5,5	5,7	5,9	6,2
3	1,6	1,9	2,0	2,3	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,3	6,4	6,7
4	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,7	3,8	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,3	6,4	6,7	6,9
5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,3	5,6	5,8	6,0	6,3	6,5	6,7	7,0	7,3	7,5
6	1,9	2,1	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,2	4,5	4,8	5,1	5,3	5,6	5,9	6,2	6,4	6,7	6,9	7,2	7,4	7,7	8,0	8,3
7	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	3,9	4,2	4,5	4,5	5,1	5,3	5,6	5,9	6,2	6,5	6,7	7,1	7,4	7,7	8,0	8,3	8,5	8,8
8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,8	6,0	6,3	6,6	7,0	7,3	7,6	7,8	8,1	8,5	8,8	9,1	9,4
9	2,2	2,6	2,9	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3	5,6	6,0	6,3	6,7	7,0	7,3	7,7	8,0	8,4	8,7	9,1	9,4	9,8	10,1	10,5
10	2,4	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3	4,6	5,1	5,4	5,8	6,2	6,5	6,9	7,3	7,7	8,0	8,4	8,8	9,1	9,5	9,9	10,2	10,6	11,0	11,4
	POTENCIA ABSORVIDA (Kw)																								

Nota: Incluye corrección por altura.

Fuente: Anexo 5 - A.N.H.

Figura 1
Ambientes de la vivienda

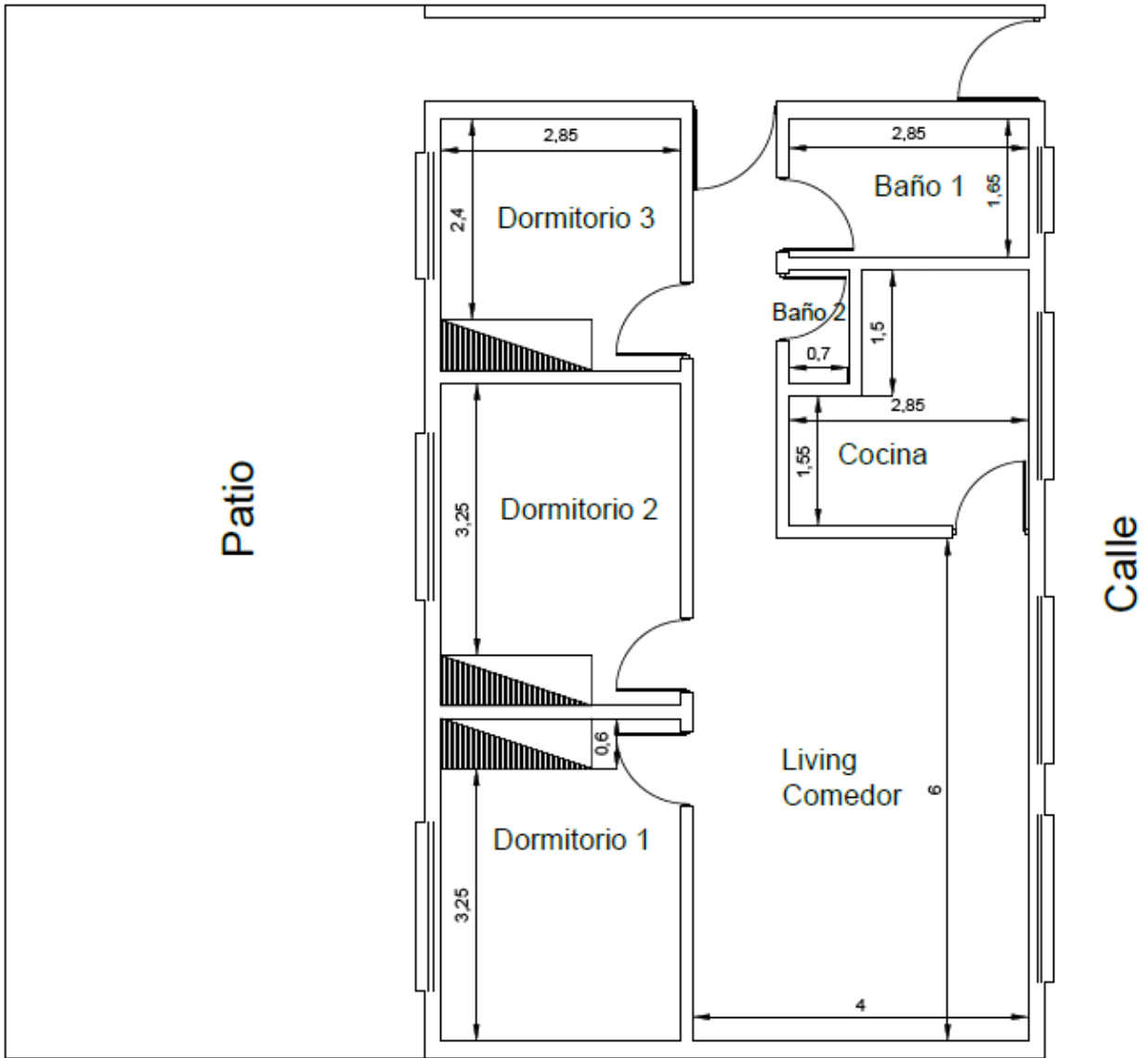


Figura 2
Dibujo Isométrico

