



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

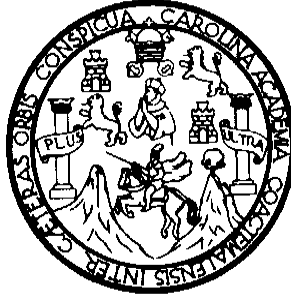
**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA
DE REDUCCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO DOMICILIAR ENFOCADA A
LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA CONSIDERANDO LA UTILIZACIÓN
Y EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS, ELECTRÓNICOS,
INFRAESTRUCTURA Y DETERIORO**

Juan Carlos Brolo Torre

Asesorado por el Ing. Gustavo Recinos Mendoza

Guatemala, junio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA
DE REDUCCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO DOMICILIAR ENFOCADA A
LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA CONSIDERANDO LA UTILIZACIÓN
Y EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS, ELECTRÓNICOS,
INFRAESTRUCTURA Y DETERIORO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN CARLOS BROLO TORRE

ASESORADO POR EL ING. GUSTAVO RECINOS MENDOZA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, JUNIO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoá
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carillo
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto González Padilla
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACION DE DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA DE REDUCCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO DOMICILIAR ENFOCADA A LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA CONSIDERANDO LA UTILIZACIÓN Y EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS, ELECTRÓNICOS, INFRAESTRUCTURA Y DETERIORO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Postgrado, con fecha 09 de agosto de 2012.

Juan Carlos Brolo Torre

ACTO QUE DEDICO A:

- | | |
|---------------------|---|
| Dios | Por ser mi guía y darme la oportunidad de culminar esta meta. |
| Mis padres | Por su apoyo incondicional siempre. |
| Mis hermanos | Con amor fraternal. |

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por formarme como profesional y como
persona.

Facultad de Ingeniería

Por enseñarme a ser un profesional de bien y
trabajar por mi país.

Mis amigos

Por su apoyo y afecto demostrado.

ÍNDICE GENERAL

ÌNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
6. ALCANCE	15
7. MARCO TEÓRICO.....	17
7.1. Administrador del Mercado Mayorista	17
7.2. Comisión Nacional de Energía Eléctrica	17
7.3. Consumo o consumir.....	18
7.4. Demanda energética	18
7.5. Domicilio.....	19
7.6. Eficiencia energética	19
7.6.1. Electricidad	20
7.6.2. Energía	20
7.7. Instituto Nacional de Electrificación (INDE)	21

7.8.	Potencia.....	22
7.9.	Subsidio.....	22
8.	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	23
9.	CONTENIDO	25
10.	MÉTODOS Y TÉCNICAS	29
10.1.	Métodos	29
10.2.	Técnicas.....	30
11.	RESULTADOS ESPERADOS	33
12.	CRONOGRAMA	35
13.	RECURSOS NECESARIOS	37
13.1.	Recursos humanos	37
13.2.	Recursos técnicos, físicos y materiales	37
13.3.	Recursos financieros.....	38
14.	BIBLIOGRAFÍA	41

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Cronograma de actividades 35

TABLAS

- I. Presupuesto para recursos humanos..... 37
II. Presupuesto para recursos tecnológicos, físicos o materiales..... 38
III. Resumen presupuesto 39

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
kWh	Kilowatt hora
%	Porcentaje
Toneladas/kWh	Toneladas por kilowatt hora

GLOSARIO

Demanda energética	Energía necesaria para mantener en el interior del edificio, las condiciones de confort definidas en función del uso del edificio.
Energía primaria	Es aquella que no ha sufrido transformaciones por resultado de actividades humanas.
INDE	Instituto Nacional de Electrificación.

RESUMEN

En la presente investigación se desarrolla una metodología de reducción de consumo energético domiciliario enfocada al ciudadano residente de la ciudad capital de Guatemala, considerando la eficiencia de utilización de equipos eléctricos, electrónicos, su infraestructura y deterioro. Así también, se determina el aumento de consumo de los equipos eléctricos por su estructura y deterioro. Se describe el nuevo aporte energético de los equipos electrónicos y nuevas tecnologías, se establece un criterio de evaluación de la infraestructura de los domicilios y el porcentaje de aporte al crecimiento del consumo eléctrico domiciliario.

Se describen aspectos medulares de la ley y política energética, y el estado actual del proceso de facturación. Se incluye la teoría del funcionamiento de los diferentes elementos eléctricos y electrónicos, estableciendo una línea base de los equipos con los que se tendrá relación durante el desarrollo del proyecto, lo esperado de su consumo y cuáles serán los focos de atención previstos durante el desarrollo de la investigación.

Luego, se darán a conocer las tarifas eléctricas a detalle, los cobros, subsidios, la relación costo-consumo y demás aspectos de los componentes de facturación; remarcando en este apartado la importancia de la reducción del consumo eléctrico y su significado. Así también, los datos medidos de los equipos eléctricos y electrónicos y el desarrollo de los procesos de medición, la adquisición de datos y las observaciones de diagnóstico y estado de elementos, agregando el deterioro como variable adicional.

Se describirán además los estados de infraestructura, las redes físicas de cableados de potencia e iluminación, los tableros distribuidores, acometidas, dimensionamiento de cableado conforme a la carga, señales de sobrecalentamiento, puntos calientes y pérdidas de energía. Por último, se hará el análisis de los datos e información recolectada, de las tendencias, desviaciones y otros datos estadísticos, y se establecerán las curvas de eficiencia contra tiempo para ubicar los efectos del deterioro y la determinación de criterios para la metodología buscada.

1. INTRODUCCIÓN

La factura eléctrica es uno de los servicios que actualmente impactan más económicamente a la población. El comportamiento de la demanda de potencia y energía del Sistema Nacional Interconectado, desde 1961 hasta 2012, ha estado en constante crecimiento. El mismo está influenciado por varios factores como: las condiciones económicas, fenómenos naturales y desarrollo tecnológico, encontrándose fuertemente ligado al aspecto social e incremento poblacional.

El consumo de energía se ha incrementado año con año reportando en el 2012 un crecimiento del 4.2% con un 1.54% de aumento de potencia, según la CNEE (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2012). Este comportamiento denotó un incremento de la demanda para la regulación y tarifas de Energuate de 5%, aproximadamente (Ortiz, 2012).

Guatemala posee los precios más bajos de energía (precio del kWh SPOT), que el resto de países de Centro América que disponen de mercado de electricidad (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2012) y aunque esto reporte una ventaja, el costo de la energía eléctrica es uno de los rubros más significativos en la bolsa de los ciudadanos y que continúa en alza.

Hacer eficiente el consumo eléctrico domiciliario permitirá que la demanda nacional se racionalice a lo verdaderamente utilizado, reduciendo el porcentaje del incremento anual y permitiendo que la economía familiar pueda organizarse de manera eficaz.

Con base en lo anteriormente descrito se origina el interés para realizar esta investigación, con el fin de establecer métodos que impulsen a la reducción de la demanda de energía.

Realizando mediciones del consumo domiciliario se pueden identificar los equipos más demandantes y efectuando comparaciones se pueden desarrollar curvas típicas según el deterioro, marca, tecnología y otras variantes. Esta simplificación logrará detallar e identificar incrementos de consumo eléctrico no considerados. Bajo la observación de la utilización de los equipos eléctricos se puede determinar la eficiencia del consumo y la demanda según la cantidad de ocupantes, y otras variantes encontradas durante el desarrollo de la investigación.

Los equipos electrónicos han agregado varios nuevos componentes eléctricos que no se han considerado dentro de la red domiciliar, contribuyendo en el incremento del consumo. Otro componente no investigado es el deterioro de la infraestructura física del hogar, conexiones mal realizadas dentro de la red eléctrica, la sobrecarga de los circuitos por ampliaciones no consideradas en la instalación original, el sobrecalentamiento de cableado y qué se puede esperar del deterioro natural de estos circuitos. Estas variantes logran incrementar el consumo eléctrico domiciliario, aunque no se conoce con detalle cuánto es su aporte al consumo total.

La base teórica utilizada a lo largo del estudio obtiene su fundamentación en los temas de conservación y uso eficiente de la energía, así como energía renovable y no renovable. Desarrollando los aportes recibidos en los temas de auditorías energéticas, aspectos económicos y ambientales del uso de la energía, facturación eléctrica, ejes de la política energética 2013-2027 y los indicadores del uso de la energía de los objetivos de desarrollo del milenio, en

relación con la sostenibilidad del medio ambiente en Guatemala, analizados en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Esta investigación se presentará en 7 capítulos. En el primero se incluyen los antecedentes de la investigación, se describirá lo que dice la ley y la política energética. En contexto, se incluirá el estado actual del proceso de facturación. En el segundo se incluye la teoría del funcionamiento de los diferentes elementos eléctricos y electrónicos, estableciendo una línea base de los equipos con los que se tendrá relación durante el desarrollo del proyecto, lo esperado de su consumo y cuáles serán los focos de atención previstos durante el desarrollo de la investigación.

En el tercer capítulo se presentan las tarifas eléctricas a detalle, los cobros, subsidios, la relación costo–consumo y demás aspectos de los componentes de facturación. Se remarcará en este apartado la importancia de la reducción del consumo eléctrico y su significado.

En el cuarto capítulo se presentarán los datos medidos de los equipos eléctricos, electrónicos y el desarrollo de los procesos de medición, la adquisición de datos, las observaciones de diagnóstico y estado de elementos, agregando el deterioro como variable adicional.

En el quinto capítulo se describirán los estados de infraestructura, las redes físicas de cableados de potencia e iluminación, los tableros distribuidores, acometidas, dimensionamiento de cableado conforme a la carga, señales de sobrecalentamiento, puntos calientes y pérdidas de energía.

En el sexto y séptimo capítulo se desarrollará el análisis de los datos e información recolectada, de las tendencias, desviaciones y otros datos estadísticos. Se establecerán las curvas de eficiencia contra tiempo para ubicar los efectos del deterioro y la determinación de criterios para la metodología buscada, agregando al final las conclusiones y recomendaciones del estudio.

2. ANTECEDENTES

Desde el establecimiento del protocolo de Kioto y los compromisos adquiridos por varios países, se han impulsado y establecidos guías o metodologías para la determinación detallada del consumo eléctrico residencial. Se ha encontrado información para países como España, Estados Unidos y Chile, entre otros.

La Unión Europea marcó como objetivo alcanzar al menos el 20% de reducción de CO₂, mejorar en 20% la eficiencia energética y la obtención del 20% de energía renovable (objetivo conocido como el 3x20) para marzo del 2020 (Scheider Electric España, S.A., 2009). Se promueve la reducción de consumos energéticos bajo la observancia del comportamiento de los equipos domiciliarios, de acuerdo con su utilización, y demuestra cómo afectan estos al consumo total dependiendo de sus horas de operación, otorgando una visión de formulación base para el establecimiento de los consumos del estudio.

Apoyando esta iniciativa, en España se estableció el Reglamento Técnico para Baja Tensión (REBT, 2002), el Código Técnico de la Edificación (CTE, 2006), la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios de Nueva Construcción de 2007 (Schneider Electric España, S. A., 2009). Estos aportes reflejan el compromiso del Estado de buscar una caracterización de los domicilios y edificaciones, realizando diferencias y clasificaciones de las urbes como eficientes o amigables con el ambiente y otorgando beneficios adicionales al ciudadano. Además prevé la proyección de los países desarrollados a establecer esfuerzos e incentivos para eficientar los consumos energéticos dentro de los domicilios.

Empresas como Schneider Electric también han desarrollado informes como la Guía de soluciones de eficiencia energética que presentan equipos de control de su marca que permiten reducir del consumo domiciliario. Esta tecnología tiene un costo asociado que puede no estar disponible para la mayoría de los guatemaltecos por el nivel socioeconómico.

El departamento de medio ambiente de Aragón, en Zaragoza, España, desarrolló una Guía sobre el consumo energético de aparatos domésticos, donde se presenta información para el consumidor sobre el consumo de electrodomésticos, una breve reseña de emisiones de gases de efecto invernadero y su contribución con el calentamiento global; tipos de fuentes de energía y sus repercusiones ambientales, presentan una descripción de la etiqueta energética. Esta etiqueta es un instrumento de información de consumo utilizado en España, en relación con otros electrodomésticos con las mismas características.

Se desarrolló el tema de consumo fantasma y se establecieron precios aproximados para dar al lector un criterio del costo que representan los equipos conectados en su hogar, aportando a la investigación información sobre los consumos fantasmas y cómo ubicarlos.

Xcel Energy aporta información con su *Guide to home energy savings*, desarrollada en el 2011, centrándose en temas de ahorro energético en sus sistemas de calefacción y enfriamiento por los cambios de temporada y el clima que poseen en Norte América, observándose las claras diferencias entre consumos ubicados al norte del continente en relación con el nuestro. Se establecen criterios de calefacción, aislamiento y otros no requeridos para determinada situación y definiendo el requerimiento para una investigación específica para las necesidades del ciudadano guatemalteco.

Southern California Edison desarrolló en línea una Guía de energía para el hogar, (Southern California Edison, 2013), donde se desarrollan temas de aislamiento en la construcción del hogar, calefacción y enfriamiento, iluminación, electrodomésticos de cocina, de lavandería, electrónicos de casa y oficina, calentadores de agua, piscinas y jacuzzis.

La Comisión Nacional de Energía del gobierno de Chile ha realizado una Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social (2009), que establece formas de ahorro de energía con base en el diseño de construcción de la vivienda, dependiendo de la variabilidad climática por la zona de residencia, tipos de energía amigables que pueden reemplazar su fuente de energía actual, reglamentaciones nacionales y otras.

Al final, las empresas distribuidoras llevan un control estadístico del consumo residencial y total de usuarios, pero el consumo interno depende de cada una de los domicilios de donde se genera, los hábitos personales, conciencia ambiental y económica, conocimiento técnico eléctrico, aspectos climáticos, país de residencia, comunidad, empresa distribuidora, políticas y leyes aplicables, utensilios y dispositivos tecnológicos adquiridos.

Guatemala no cuenta con una investigación seria enfocada en su clima, que integre todas las variantes que determinan el consumo eléctrico domiciliario, con el que se puedan generar disminuciones considerables en los consumos eléctricos y las demandas observables para el país.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La dependencia energética se incrementa día a día debido al alto consumismo del ciudadano guatemalteco. Con la adquisición de productos electrónicos que elevan el consumo, se proyecta una demanda orientada al alza, no siendo eficientes mientras se desarrolla este proceso. Por otro lado, la infraestructura de la ciudad capital presenta un deterioro en zonas establecidas años atrás y el concepto de mantenimiento, junto con el cambio de aparatos eléctricos al culminar su vida útil, no es utilizado en estos tiempos, ampliando el consumo eléctrico en cierta proporción. El planteamiento del problema de esta investigación se establece de la siguiente manera:

- ¿Es posible establecer una metodología que permita reducir el consumo energético de los domicilios de la ciudad capital de Guatemala mejorando la eficiencia de utilización de los equipos eléctricos y electrónicos, considerando su deterioro y el de su infraestructura actual?

Adicionalmente se plantean las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Los equipos eléctricos existentes en los domicilios de la ciudad capital, en su deterioro, aportan un mayor consumo energético?
- ¿Qué cantidad aporta la creciente adquisición de equipo electrónico al incremento del consumo energético en los domicilios?
- ¿El deterioro de la infraestructura domiciliar genera un consumo no previsto?

4. JUSTIFICACIÓN

La energía eléctrica es un insumo que, por no poderse observar físicamente, demuestra dificultades para prever cambios o ineficiencias. La incógnita primordial que surge inicialmente es si se consume efectivamente, utilizando únicamente la necesaria de la red nacional o si hay acciones u operaciones que despilfarran este insumo.

Los gastos por consumo eléctrico siguen en aumento para la población en general, especialmente aquellos que no conocen las propiedades de la electricidad y no saben dónde es necesario aplicar el esfuerzo inicial que permita realizar un cambio en su consumo energético, que sea incentivo para seguir invirtiendo tiempo y dinero en ser lo más eficiente posible, que pueda ser beneficioso para la familia y el ciudadano en general.

De acuerdo con la línea de investigación de la conservación y uso eficiente de la energía, en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos se establece desarrollar una metodología clara y accesible al ciudadano, otorgando herramientas que esclarecen las incógnitas del incremento del consumo eléctrico, contribuyendo al bienestar económico, previendo diferentes variables de los equipos utilizados, recalcando la importancia del estado e identificando el deterioro como variable que afecta el consumo.

También establecen el aporte de la utilización de equipo electrónico en los incrementos del consumo, como información valiosa no considerada durante la

adquisición de las nuevas tecnologías, esclareciendo los consumos fantasmas y las atribuciones del consumo a la infraestructura domiciliar.

Muchas interrogantes se subestiman por establecerse como pérdidas insignificantes o parte de la utilización u operación diaria, pero no existe un aporte o estudio detallado que permita desestimar o estimar los cambios de consumo eléctrico domiciliar enfocado al paso del tiempo, y el incremento de este insumo por la adquisición progresiva de aparatos y utensilios electrónicos.

5. OBJETIVOS

General

Desarrollar una metodología de reducción de consumo eléctrico domiciliario enfocada a la ciudad capital de Guatemala considerando la utilización y eficiencia de equipos eléctricos, electrónicos, infraestructura y deterioro.

Específicos

1. Describir el contexto actual legal y entidades que afectan los procesos de facturación eléctrica
2. Detallar los componentes eléctricos y electrónicos que determinan el consumo domiciliario considerando la situación infraestructural
3. Analizar los componentes de la facturación residencial, impuestos, tasas y multas, establecidas en las diferentes tarifas eléctricas.
4. Mostrar la medición de los componentes eléctricos utilizados en los domicilios de la ciudad capital de Guatemala considerando su estado y deterioro
5. Registrar los resultados del componente de deterioro infraestructural y su impacto en el consumo domiciliario
6. Analizar los resultados de las mediciones y su relación con el consumo
7. Determinar y sugerir una metodología de reducción de consumo eléctrico domiciliario

6. ALCANCE

La falta de investigación a detalle sobre el consumo eléctrico residencial de la ciudad capital de Guatemala observando patrones de conducta, hábitos, conocimientos técnicos, conciencia social, ambiental y económica, permite desarrollar un estudio exploratorio sobre el tema.

Existe una amplia gama de conocimientos técnicos y guías para calcular el consumo domiciliario realizado por otros países que esclarecen la metodología a aplicar en el cálculo energético. Mientras que los mismos no poseen un enfoque integral, adaptando patrones de conducta, conocimientos técnicos, situaciones socioeconómicas, políticas y leyes aterrizadas a una metrópolis con características particulares, clima, pluriculturalidad, tendencias consumistas con adquisición de avances tecnológicos de punta. Es necesario concentrar todos los conocimientos y enfocarlos en la urbe nacional determinando las razones de los incrementos energéticos de la sociedad.

La investigación establecerá una guía estándar que servirá de referencia para estudios en otros departamentos o ciudades con enfoques más específicos, los hábitos y utensilios instalados en los mismos.

Los resultados del análisis deberán ser de beneficio a los ciudadanos de la capital de Guatemala, ya que es con ellos con quienes se desarrollará la presente investigación científica.

7. MARCO TEÓRICO

Para el mejor entendimiento de los temas que se estarán desarrollando en este trabajo de investigación es necesario esclarecer algunos temas.

7.1. Administrador del Mercado Mayorista

La Ley General de Electricidad, decreto 93-96, en el artículo 44 establece que el AMM es un ente privado, sin fines de lucro que debe garantizar la seguridad y el abastecimiento de energía eléctrica del país.

Su misión es: “Operar el SNI y Mercado Mayorista, manteniendo la continuidad y seguridad en el suministro de energía eléctrica del país. Velar por la garantía del cubrimiento de la demanda, contribuyendo a la expansión de la generación, transmisión y distribución del sistema de energía eléctrica y operaciones de mercado, buscando la eficiencia económica, con transparencia, independencia y apego al Marco Legal” (AMM, 2014).

7.2. Comisión Nacional de Energía Eléctrica

La CNEE fue creada en el artículo 4 del Decreto 93-96. Es un órgano técnico del Ministerio de Energía y Minas y debe “velar por el cumplimiento de la Ley General de Electricidad y su Reglamento, regulando a favor de la eficiencia, estabilidad y sostenibilidad del subsector eléctrico en Guatemala” (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2014).

Debe también: “Emitir las normas técnicas relativas al subsector eléctrico y fiscalizar su cumplimiento en congruencia con prácticas internacionales aceptadas” (Ley General de Electricidad, 1996), entre otros.

7.3. Consumo o consumir

Consumir se refiere a: “gastar energía o un producto energético”. (RAE, 2001).

Para el caso de esta investigación se utilizará como el gasto de energía o producto energético asociado sea útil o no. El término es muy utilizado en el medio eléctrico para designar la demanda de energía de un equipo o elemento electrónico expresado en su forma de potencial eléctrico o vatio en cuestión al tiempo utilizado.

7.4. Demanda energética

“Energía necesaria para mantener en el interior del edificio las condiciones de *confort* definidas en función del uso del edificio. Se compone de la demanda energética de calefacción y de refrigeración” (Bustamante, Rozas, Cepeda, Encinas y Martínez, 2009).

En ocasiones puede malinterpretarse con el consumo energético; aunque el consumo tiene asociada una dimensional de tiempo, mientras que la demanda no, y está determinada como el potencial instantáneo que podría utilizar de consumo eléctrico.

7.5. Domicilio

“Lugar en que legalmente se considera establecido alguien para el cumplimiento de sus obligaciones y el ejercicio de sus derechos” (RAE, 2001).

Puede existir confusión entre los términos de domicilio y residencia. El domicilio es el lugar donde el ciudadano reside legalmente. La residencia es el espacio donde se convive, pudiendo este ser cualquier establecimiento público.

Por tanto la definición de domicilio se ajusta mejor al enfoque del estudio de investigación.

7.6. Eficiencia energética

“Relación entre la producción de energía útil u otro producto físico útil que se obtiene por medio de un sistema, un proceso de conversión o una actividad de transmisión o almacenamiento y la cantidad de energía consumida (medida en kWh/kWh, toneladas/kWh o en cualquier otra medida física del producto útil, como la tonelada/km transportada, etc.)”(*Intergovernmental Panel of Climate Change*, 2011).

Este término debe también a la relación de la cantidad de un elemento que ingresa a un proceso y la cantidad de producto o elemento en el que se transforma. Pudiendo expresar que la energía que se introduce en un proceso debe convertirse enteramente en un producto o trabajo para que este sea eficiente. El hacer más con menos.

No debe confundirse con eficacia que se define como la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.

7.6.1. Electricidad

“Propiedad fundamental de la materia que se manifiesta por la atracción o repulsión entre sus partes, originada por la existencia de electrones, con carga negativa, o protones, con carga positiva” (RAE, 2001).

7.6.2. Energía

“Cantidad de trabajo o de calor producida” (*Intergovernmental Panel of Climate Change*, 2011). La energía es utilizada por el hombre en alguna de sus diferentes formas a lo largo de la historia, desde la utilización del fuego hasta el movimiento del aire para el transporte de veleros. Siendo así que la radiación solar experimenta varias conversiones, e influye en el crecimiento de árboles y plantas, la formación de los vientos, ciclo de agua, etc.

Parte de esa energía se almacena en la biomasa o en los ríos y posteriormente se puede recuperar. Otra parte se utiliza directamente, como la luz del día, la ventilación o el calor ambiental. “La energía primaria (o fuentes de energía) es la que contienen los recursos naturales (p. ej., el carbón, el petróleo crudo, el gas natural, el uranio o las fuentes de energía renovables)” (*Intergovernmental Panel of Climate Change*, 2011).

La energía primaria se establece como aquella que no ha sufrido transformaciones por resultado de actividades humanas, la secundaria ya sufrido algún tipo de transformación como la depuración, refinado o la conversión en electricidad o calor. La energía final es la utilizada para los servicios y entregada al usuario para su consumo.

“La energía renovable es cualquier forma de energía de origen solar, geofísico o biológico que se renueva mediante procesos naturales a un ritmo igual o superior a su tasa de utilización. Se obtiene de los flujos continuos o repetitivos de energía que se producen en el entorno natural y comprende tecnologías de baja emisión de carbono, como la energía solar, la hidroeléctrica, la eólica, la mareomotriz y del oleaje, y la energía térmica oceánica, así como combustibles renovables tales como la biomasa” (*Intergovernmental Panel of Climate Change, 2011*).

Existen varios tipos específicos de energías renovables como la biomasa, la energía solar, la hidroeléctrica, oceánica, geotérmica o la energía eólica. Aún si el término puede generalizarse, se utilizará como propiedad de la electricidad que permite, o con la cual se puede efectuar un trabajo específico en algún elemento eléctrico o electrónico.

7.7. Instituto Nacional de Electrificación (INDE)

Fue creado en mayo de 1959 bajo el decreto ley 1287. Su objetivo inicial era solucionar la escasez de energía eléctrica que mantenía el país en ese entonces, impulsando el desarrollo para nuevas industrias, llevando el uso de electricidad al área rural e incrementando el consumo doméstico, construyendo también la electrificación nacional.

“Actualmente el INDE está protegido por su Ley Orgánica, decreto 64-94, la cual establece que es una entidad estatal autónoma y autofinanciable, que goza de autonomía funcional, patrimonio propio, personalidad jurídica y plena capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones en materia de su competencia” (INDE, 2013).

7.8. Potencia

“Es la rapidez respecto del tiempo, de la energía de transferencia o transformación. La potencia eléctrica es la rapidez del flujo de energía eléctrica en relación con el tiempo. La potencia eléctrica instantánea en un par terminal individual es igual al producto del voltaje instantáneo multiplicado por la corriente instantánea. Si tanto el voltaje como la corriente son periódicas en relación con el tiempo, el promedio de la potencia instantánea, tomado sobre un número entero de períodos, es la potencia activa, llamada simplemente potencia cuando no hay posibilidad de confusión” (Fink y Beaty, 1996).

Esta será observada durante la investigación en la información técnica de los equipos declarada por el fabricante. Se utilizará para el establecimiento del consumo teórico que será evaluado durante el estudio.

La unidad establecida por el sistema internacional para potencia es el vatio (W).

7.9. Subsidio

Se puede definir como “el gasto o exoneración que realiza un gobierno, en dinero o especie, en beneficio de empresarios o consumidores, sin que al mismo tiempo el gobierno reciba una compensación igual o equivalente” (Samayoa, 2007).

El subsidio es utilizado en las tarifas sociales establecidas debajo de un consumo de 300 kWh (Ley de Tarifa Social, 2000), en un período de facturación mensual y será uno de los temas a analizar en este estudio.

8. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Por la naturaleza de la investigación (descriptiva) no se establece una hipótesis de investigación.

9. CONTENIDO

Se propone el siguiente índice de contenidos:

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

- 1.1. Política energética de Guatemala
 - 1.1.1. Marco legal del subsector eléctrico
 - 1.1.1.1. Ministerio de Energía y Minas
 - 1.1.1.2. Comisión Nacional de Energía Eléctrica
 - 1.1.2. Facturación de energía eléctrica
- 1.2. Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA)

2. MARCO TEÓRICO

- 2.1. Componentes del consumo eléctrico residencial
 - 2.1.1. Aparatos domésticos
 - 2.1.1.1. Consumo pasivo
 - 2.1.1.2. Consumo activo
 - 2.1.2. Electrónicos
 - 2.1.2.1. Consumo pasivo

- 2.1.2.2. Consumo activo
 - 2.1.3. Consumos fantasma
 - 2.2. Instalaciones e infraestructura
 - 2.2.1. Cableado y dimensionamiento
- 3. CONSUMO ENERGÉTICO RESIDENCIAL
 - 3.1. Tarifas eléctricas
 - 3.1.1. Tarifa social
 - 3.1.2. Tarifa no social
 - 3.2. Componentes de la facturación residencial
 - 3.2.1. Cargos fijos
 - 3.2.2. Energía primeros 100 kWh
 - 3.2.3. Aporte a tarifa social INDE
 - 3.2.4. Energía kWh restantes
 - 3.2.5. Tasa municipal
 - 3.3. Impuestos, tasas y multas
- 4. MEDICIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICO
 - 4.1. Electrodomésticos
 - 4.2. Calentadores de agua
 - 4.3. Electrónicos
 - 4.4. Ventiladores y A/C
 - 4.5. Deterioro
- 5. COMPONENTE DE DETERIORO INFRAESTRUCTURAL
 - 5.1. Acometida
 - 5.2. Caja de distribución
 - 5.3. Circuitos de fuerza e iluminación
 - 5.4. Ampliaciones

5.5. Deterioro

6. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

- 6.1. Evaluación y comparación de mediciones
- 6.2. Curvas de consumo *versus* tiempo, y eficiencia *versus* tiempo
- 6.3. Identificación de adquisición de equipo electrónico
- 6.4. Criterios de evaluación de infraestructura
- 6.5. Inversión y cálculos financieros

7. METODOLOGIA DE REDUCCION DE CONSUMO ELECTRICO

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

10. MÉTODOS Y TÉCNICAS

10.1. Métodos

El diseño de investigación utilizará una metodología correlacional cuantitativa, utilizando las variables dependientes de consumo eléctrico y eficiencia energética, sujetas a la variable de costo de facturación.

El indicador que va a utilizarse en la variable de consumo eléctrico es su dimensional en kW, que se encuentra ligada en cada uno de los elementos eléctricos, electrónicos y elementos pasivos de infraestructura.

Por otro lado, el indicador utilizado en eficiencia energética es la utilización de los equipos y el consumo total durante su utilización y mientras no operan los mismos.

Se prevé que la investigación consistirá en cinco etapas que son: la investigación teórica previa, medición y adquisición de datos, análisis de la información, conclusión y evaluación de resultados y redacción de informe final.

- Investigación teórica previa: se obtendrá la información legal sobre la ley general de electricidad y sus reglamentos aplicables al proceso de facturación de energía residencial, las entidades ligadas directa e indirectamente a estos procesos y que influyen en él. Junto con teoría general sobre el consumo y operación de elementos utilizados en las residencias de la capital, consumos esperados según fabricantes, estándares y dimensionamientos.

- Medición y adquisición de datos: en el transcurso de esta fase se desarrollará el trabajo de campo, ubicando las residencias donde se efectuará el análisis; observación y medición de los consumos domiciliarios, equipos eléctricos conectados, equipo electrónico e instalaciones de cableado de fuerza e iluminación; comparación entre tecnologías de fabricación, diseño, marcas y deterioro y su variable de consumo eléctrico, revisión de infraestructura de diferentes domicilios en diversas zonas, acometidas, cajas de registros, redes de cableados y detalles de facturas domiciliarias.
- Análisis de la información: se efectuará un análisis comparativo de datos adquiridos, diseñando curvas de consumo contra tiempo y eficiencia contra tiempo, estableciendo diagnósticos y efectos por deterioro.
- Conclusión y evaluación de resultados: en esta etapa se evaluarán patrones y se definirá la metodología de reducción de consumo energético, así como los criterios de evaluación de equipo eléctrico, electrónico y circuitos de infraestructura eléctrica.
- Redacción de informe final: en este último paso se procede a redactar los resultados de la investigación.

10.2. Técnicas

El análisis es de tipo cuantitativo, utilizando la medición y observación sistemática como metodología de adquisición de datos y la estadística descriptiva como forma de organización, resumen y presentación de la información recolectada.

Los datos de consumo adquiridos durante la medición se comparan contra un estándar general según los equipos observados, para luego realizar otro análisis comparativo con otros equipos medidos en las diferentes residencias. El análisis toma en cuenta el año de fabricación, uso, estado actual y las observaciones del fabricante. Los resultados presentarán evidencia de las desviaciones de consumo, según sus características particulares.

Las variables de eficiencia de los equipos se analizan durante el tiempo de operación, para luego verificar su demanda, sin que operen y se encuentren conectados, estableciendo consumos fantasma no identificados con anterioridad.

El tiempo de conexión otorgará nuevos valores de eficiencia de los equipos y establecerá consumos no identificados con anterioridad, estableciendo una eficiencia para todo el sistema o residencia en su totalidad. La estadística utilizada presentará valores medios y desviaciones que podrán ser influenciados por el deterioro, utilización o fabricación, que será utilizada para las fases de conclusión y evaluación de resultados.

La desconexión de todo equipo instalado y la medición con el vatímetro, provee de información sobre consumo en las instalaciones en forma de calor, que representa una pérdida en eficiencia ligada a los circuitos e infraestructura del sistema en su total.

La información adquirida por medición y la observación sistemática otorga nuevo conocimiento influenciable en la metodología deseada a establecerse.

En resumen, se realizarán mediciones eléctricas en diferentes equipos ubicados en varias residencias de la ciudad, efectuando un análisis comparativo de las estadísticas observando patrones y desviaciones que permitan concluir en el comportamiento de dispositivos energéticos, tomando en consideración su deterioro y forma de operación y la influencia que estas poseen en el consumo domiciliar.

11. RESULTADOS ESPERADOS

Se presentarán los datos medidos de los equipos eléctricos y electrónicos y el desarrollo de los procesos de medición, la adquisición de datos y las observaciones de diagnóstico y estado de elementos, agregando el deterioro como variable adicional. Luego los estados de infraestructura, las redes físicas de cableados de potencia e iluminación, los tableros distribuidores, acometidas, dimensionamiento de cableado conforme a la carga, señales de sobrecalentamiento, puntos calientes y pérdidas de energía.

Se efectuará el análisis de los datos e información recolectada, de las tendencias, desviaciones y otros datos estadísticos. Se establecerán las curvas de eficiencia contra tiempo para ubicar los efectos del deterioro y la determinación de criterios para la metodología buscada.

12. CRONOGRAMA

Figura 1. Cronograma de actividades

		2015											
ACTIVIDADES		MES 1				MES 2				MES 3			
	Recolección de información técnica	■	■										
	Adquisición de puntos de medición		■	■									
	Adquisición equipo de medición		■	■									
	Medición				■	■	■	■	■				
	Análisis de datos									■			
	Elaboración de reporte										■	■	

Fuente: elaboración propia.

13. RECURSOS NECESARIOS

13.1. Recursos humanos

Durante el desarrollo de la presente investigación se requerirá de un profesional con título de maestría y experiencia en conceptos de eficiencia energética de campo que realizará la asesoría sobre este tema; por lo que se estima utilizar Q.2 000, 00, en concepto de asesoría.

Tabla I. Presupuesto para recursos humanos

CANTIDAD	TIEMPO MESES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD TIEMPO	TOTAL PARCIAL
1	3	Asesor	Q. 2.500,00	Q 2.500,00
SUBTOTAL				Q 2.500,00

Fuente: elaboración propia.

13.2. Recursos técnicos, físicos y materiales

Uno de los insumos más importantes para el desarrollo del proyecto de investigación es la adquisición de un medidor de energía, por tanto es necesario que posea un gancho para medición de corriente, ya que evitará la desconexión constante de los circuitos de medición. Se asignan Q.150, 00 en cuestión de alquiler del instrumento de forma mensual.

Adicionalmente, se debe identificar la necesidad de gastos de energía de la computadora donde se ingresarán los datos adquiridos y donde se efectuará la redacción del informe final.

Se asignan Q.100 mensuales para gastos de papel bond, bolígrafos, lápices y otros requerimientos de oficina con el del computador.

Será necesario transportarse con las herramientas, a realizar las mediciones en diferentes zonas de la ciudad capitalina, con lo que se presume un gasto de Q.500 de gasolina mensual y parqueos.

Tabla II. **Presupuesto para recursos tecnológicos, físicos o materiales**

CANTIDA D	TIEMPO MESES	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD TIEMPO	TOTAL PARCIAL
1	3	Medidor energía (multímetro)	Q. 150,00	Q 450,00
1	3	Recursos de oficina y computadora	Q.100,00	Q 300,00
1	3	Gasolina y parqueos	Q. 500,00	Q 1.500,00
SUBTOTAL				Q 2.250,00

Fuente: elaboración propia.

13.3. Recursos financieros

En este apartado se efectúa un resumen de la inversión esperada durante el proyecto agregando Q.750.00 de imprevistos por atrasos y algún otro valor no calculado.

Tabla III. Resumen presupuesto

NO.	CONCEPTO	TOTAL PARCIAL
1	Recurso humano	Q 2.500,00
2	Recurso tecnológico y materiales	Q 2.250,00
3	Imprevistos	Q 750,00
TOTAL		Q 5.500,00

Fuente: elaboración propia.

14. BIBLIOGRAFÍA

1. AMM. *Administrador del Mercado Mayorista*: [en línea]. <www.amm.org.gt>. [Consulta: 02 de abril de 2014].
2. Asociación para la Investigación y Diagnóstico de la Energía. *Manual de auditorías energéticas*. Madrid: Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid y Comunidad de Madrid, 2003. 222 p.
3. BUSTAMANTE, Waldo, ROZAS, Yoselin; CEPEDA, Rodrigo., ENCINAS, Felipe; MARTÍNEZ, Paula. *Guía de diseño para la eficiencia energética de la vivienda social*. Santiago de Chile: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2009. 216 p.
4. *Comisión Nacional de Energía Eléctrica*. [en línea]. <www.cnee.gob.gt>. [Consulta: 02 de abril de 2014].
5. FINK, Donald; BEATY, Wayne. *Manual de ingeniería eléctrica*. México: McGraw-Hill, 1996. 2 tomos.
6. Guatemala. Congreso de la República de Guatemala. *Ley de Tarifa Social*. Decreto 96- 2000. Guatemala: Congreso de la República de Guatemala, 2000. 2 p.
7. _____. *Ley General de Electricidad*. Decreto Número 93- 96. Guatemala: Congreso de la República de Guatemala, 1996.

8. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Medio Ambiente. *Análisis de desarrollo del milenio relativo a la sostenibilidad del medio ambiente" en Guatemala y determinación de acciones y costos para alcanzar las metas al año 2015.* Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 2009. 105 p.
9. _____. *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012.* Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 2012. 468 p.
10. ORTÍZ, Agustín. *Consumo de energía sube un 4.2 % en el 2012.* [en línea]. Prensa Libre. <http://www.prensalibre.com/economia/Consumo-energia-suba_0_830317010.html>. [Consulta: 02 de diciembre de 2012].
11. PILOÑA, Gabriel Alfredo. *Guía práctica sobre métodos y técnicas de investigación documental y de campo.* Guatemala: GP Editores, 2012. 337 p.
12. SAMAYOA, Jorge Salvador. *Efectos económicos de la tarifa social al consumo de energía eléctrica en el INDE y el mercado eléctrico nacional, durante el período 2001-2004.* Trabajo de graduación de Licenciatura en Economía. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala: USAC, 2007. 124 p.
13. Schneider Electric España, S.A. *Eficiencia energética. Guía de soluciones de eficiencia energética.* España: Schneider Electric, 2009. 227 p.

14. Southern California Edison. *La energía inteligente empieza en el hogar* [en línea]. <<https://www.sce.com>>. [Consulta: 25 de enero de 2014].

