

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**CURSO DE ESPECIALIZACIÓN: TÓPICOS DE ENERGÍA  
PLAN DE MEJORA DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN EDIFICIOS MUNICIPALES**

**PRESENTADO POR:**

**AMAYA CHÁVEZ, ROSA VANESSA  
BARRAZA HERRERA, KEVIN ANTONIO  
FLORES RIVERA, JULIO CÉSAR  
GUERRERO BARAHONA, GERARDO JAVIER  
HENRÍQUEZ ARÉVALO, JOSÉ LORENZO**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 2024**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

**MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA**

SECRETARIO GENERAL:

**LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO:

**ING. LUIS SALVADOR BARRERA MANCÍA**

SECRETARIO:

**ARQ. RAÚL ALEXANDER FABIÁN ORELLANA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

DIRECTOR INTERINO:

**ING. WERNER DAVID MELÉNDEZ VALLE**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:  
**INGENIERO ELECTRICISTA**

Título:

**CURSO DE ESPECIALIZACIÓN: TÓPICOS DE ENERGÍA  
PLAN DE MEJORA DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN EDIFICIOS MUNICIPALES**

Presentado por:

**AMAYA CHÁVEZ, ROSA VANESSA  
BARRAZA HERRERA, KEVIN ANTONIO  
FLORES RIVERA, JULIO CÉSAR  
GUERRERO BARAHONA, GERARDO JAVIER  
HENRÍQUEZ ARÉVALO, JOSÉ LORENZO**

Docente Asesor:

**ING. JOSÉ ROBERTO RAMOS LÓPEZ**

SAN SALVADOR, FEBRERO DE 2024

Trabajo de Graduación Aprobado por:


Docente Asesor:


**ING. JOSÉ ROBERTO RAMOS LÓPEZ**

## NOTA Y DEFENSA FINAL


En esta fecha, viernes 9 de febrero de 2024, en la Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 3:00 p.m. horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

1. Ing. Werner David Meléndez Valle  
Director Interino

  
\_\_\_\_\_  
Firma



2. MSc. José Wilber Calderón Urrutia  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Firma

Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:


- ING. JOSE ROBERTO RAMOS LOPEZ  
(Docente Asesor)

  
\_\_\_\_\_  
Firma

- DR. CARLOS OSMIN POCASANGRE JIMENEZ

  
\_\_\_\_\_  
Firma

- MSC. JORGE ALBERTO ZETINO CHICAS

  
\_\_\_\_\_  
Firma

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación (Curso de Especialización):

### TÓPICOS DE ENERGÍA

A cargo de los Bachilleres:

AMAYA CHÁVEZ ROSA VANESSA  
BARRAZA HERRERA KEVIN ANTONIO  
FLORES RIVERA JULIO CESAR  
GUERRERO BARAHONA GERARDO JAVIER  
HENRÍQUEZ ARÉVALO JOSÉ LORENZO

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final: 8.3  
( **OCHO PUNTO TRES** )

## CONTENIDO

Índice de figuras.....	i
Índice de tablas .....	iii
Resumen .....	iv
Introducción.....	vi
Objetivos.....	vii
Objetivo General.....	vii
Objetivos Específicos .....	vii
Alcances Y Limitaciones.....	viii
Alcances.....	viii
Limitaciones .....	viii
Justificación.....	x
CAPÍTULO I. Marco referencial.....	11
1.1 Lista de abreviaturas .....	11
1.2 Marco conceptual .....	12
1.3 Marco teórico.....	14
1.3.1 Desempeño Energético .....	14
1.3.2 Eficiencia Energética .....	14
1.3.3 Importancia de la Eficiencia Energética.....	16
1.3.4 Eficiencia Energética en edificios.....	17
1.3.5 Auditorías Energéticas en edificios existentes .....	20
1.4 Antecedentes.....	22
CAPÍTULO II. Metodología de investigación.....	26
2.1 Determinación del tamaño de la muestra .....	26

2.2	Recolección de datos .....	27
2.3	Indicadores de Desempeño Energético.....	34
CAPÍTULO III. Análisis de resultados obtenidos .....		36
3.1	Potencia, demandada y consumo energético .....	37
3.2	Emisiones de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	46
3.3	IDE de los edificios municipales.....	48
CAPÍTULO IV. Oportunidades de mejora del desempeño energético.....		51
4.1	Oportuniades de mejora en edificios municipales.....	52
4.2	Estimación de consumo de energía ajustado.....	55
4.3	Indicadores de Desempeño Energético.....	58
Conclusiones.....		61
Referencias .....		63
ANEXO A. Memoria fotográfica del levantamiento .....		64
ANEXO B. Memoria descriptiva por alcaldía .....		82
ANEXO C. Análisis económico de ahorro de energía .....		92
ANEXO D. Propuesta de generación DE energía renovable.....		93
ANEXO E. Pliego tarifario actual .....		94
ANEXO F. Informe de CYPETHERM improvement plus.....		96

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Comparación de Energía generada contra energía consumida .....	17
Figura 2: Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE).....	19
Figura 3: Doble Vidrio Hermético (DVH) .....	20
Figura 4: Requisitos Específicos de la Norma ISO 50001:2018 .....	24
Figura 5: Consumo de energía en edificios municipales .....	25
Figura 6: Datos climatológicos de El Salvador.....	32
Figura 7: Datos climatológicos del municipio de Tejutla.....	32
Figura 8: Datos climatológicos del municipio de San Martín.....	33
Figura 9: Datos climatológicos del municipio de Verapaz .....	33
Figura 10: Datos climatológicos del municipio de Sensuntepeque .....	33
Figura 11: Datos climatológicos del municipio de Guazapa.....	34
Figura 12: Factor de emisiones / GHG emission factor (RETscreen) .....	35
Figura 13: Comparación de área de alcaldías municipales.....	36
Figura 14: Comparación de personal de alcaldías municipales.....	37
Figura 15: Distribución del tipo de carga de la alcaldía de Guazapa .....	39
Figura 16: Aporte al consumo energético de la alcaldía de Guazapa .....	39
Figura 17: Distribución del tipo de carga de la alcaldía de Sensuntepeque .....	40
Figura 18: Aporte al consumo energético de la alcaldía de Sensuntepeque ....	40
Figura 19: Distribución del tipo de carga de la alcaldía de Verapaz .....	40
Figura 20: Aporte al consumo energético de la alcaldía de Verapaz.....	41
Figura 21: Distribución del tipo de carga de la alcaldía de San Martín.....	41
Figura 22: Aporte al consumo energético de la alcaldía de San Martín .....	41
Figura 23: Distribución del tipo de carga de la alcaldía de Tejutla.....	42
Figura 24: Aporte al consumo energético de la alcaldía de Tejutla .....	42
Figura 25: Distribución de carga promedio de alcaldías.....	43
Figura 26: Distribución de consumo de energía promedio de alcaldías .....	43
Figura 27: Comparativa de la carga total instalada de las alcaldías.....	44



Figura 28: Comparativa de consumo de energía mensual de las alcaldías .....	45
Figura 29: Comparativa de consumo de energía eléctrica anual (GWh) .....	46
Figura 30: Estimación de emisión de toneladas de CO <sub>2</sub> de las alcaldías.....	47
Figura 31: Gráfica comparativa de emisiones históricas de CO <sub>2</sub> .....	47
Figura 32: IDE anual de energía consumida por área (kWh/m <sup>2</sup> ) .....	49
Figura 33: IDE anual de energía consumida por personas (kWh/persona).....	49
Figura 34: IDE anual de emisiones de CO <sub>2</sub> por área (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ).....	49
Figura 35: IDE anual de emisiones de CO <sub>2</sub> por personas (kgCO <sub>2</sub> /persona) .....	50
Figura 36: Comparativa entre IDE 2022 y 2023 .....	50
Figura 37: Referencia de ventanas de celosía .....	53
Figura 38: IDEs de remodelación de un local de ejemplo CYPETHERM Plus situación actual contra implementación de SATE + EPS .....	54
Figura 39: Comparativa del consumo de energía (kwh/m <sup>2</sup> ) en condición actual y aplicando aislamiento térmico en paredes y techos .....	55
Figura 40: Aporte al consumo energético de la alcaldía de Guazapa .....	55
Figura 41: Aporte al consumo energético de la alcaldía de Sensuntepeque ....	56
Figura 42: Aporte al consumo energético de la alcaldía de Verapaz.....	56
Figura 43: Aporte al consumo energético de la alcaldía de San Martín .....	56
Figura 44: Aporte al consumo energético de la alcaldía de Tejutla .....	57
Figura 45: Comparativa en consumo de energía estimado contra medido .....	57
Figura 46: IDE anual de energía consumida por área (kWh/m <sup>2</sup> ) .....	58
Figura 47: IDE anual de energía consumida por personas (kWh/persona).....	58
Figura 48: IDE anual de emisiones de CO <sub>2</sub> por área (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ).....	59
Figura 49: IDE anual de emisiones de CO <sub>2</sub> por personas (kgCO <sub>2</sub> /persona) .....	59
Figura 50. Comparativa entre indicadores de energía contra área (kWh/m <sup>2</sup> ) ...	60
Figura 51. Comparativa entre indicadores de emisiones contra área (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ) .....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Zona geográfica de municipios seleccionados .....	27
Tabla II. Detalle de consumo de energía – alcaldía de Guazapa .....	27
Tabla III. Detalle de consumo de energía – alcaldía de San Martín .....	28
Tabla IV. Detalle de consumo de energía – alcaldía de Sensuntepeque .....	28
Tabla V. Detalle de consumo de energía – alcaldía de Verapaz .....	29
Tabla VI. Detalle de consumo de energía – alcaldía de Tejutla.....	29
Tabla VII. Resumen de datos recolectados del levantamiento .....	30
Tabla VIII. Horario de atención de las alcaldías municipales .....	30
Tabla IX. Resumen de levantamiento de carga.....	31
Tabla X. Clasificación de zona térmica y msnm de los municipios .....	34
Tabla XI. Resumen de IDE con datos históricos .....	35
Tabla XII. Comparativa de la matriz energética acumulada (UT) .....	35
Tabla XIII. Resumen de cargas y energía por alcaldía (actual) .....	38

## **RESUMEN**

La eficiencia energética se presenta como un imperativo en la actualidad, no solo como una estrategia económica, sino también como una necesidad para mitigar el impacto ambiental. En este contexto, este trabajo se sumerge en un análisis exhaustivo de la eficiencia energética, explorando tanto su relevancia teórica como su aplicación práctica en el ámbito municipal.

La organización de las instituciones juega un papel clave en la implementación de acciones destinadas a administrar de manera eficiente el consumo energético. Se destaca la importancia de la participación integral de todas las partes involucradas en la institución, especialmente la alta gerencia, que desempeña un papel crucial en la implementación de lineamientos para una gestión energética adecuada.

La investigación se estructura en torno a la comprensión de los principios fundamentales de la eficiencia energética, destacando su importancia en la gestión sostenible de recursos y su conexión intrínseca con la reducción de emisiones de carbono. Para ello, se examinan las normativas y estándares relevantes, con un enfoque especial en la familia de normas ISO 50000, proporcionando así un fundamento sólido.

Basado en los antecedentes y resultados de la tesina titulada "Línea de consumo base de electricidad en edificios administrativos municipales en El Salvador". Se focaliza en las alcaldías con el Indicador de Desempeño Energético (IDE) más elevado, siendo este un indicador que refleja una menor eficiencia en el uso de la energía.

Para este estudio, se empleó el método de muestreo deliberado, crítico o por juicio. Este método implica la selección de muestras con base en el conocimiento

previo de la población o los objetivos del estudio, proporcionando una aproximación específica y contextualizada.

En el curso del estudio, se realiza una comparación entre los índices calculados en el año 2023, la energía estimada en función de la carga instalada y aquellos obtenidos a partir de las mediciones del año anterior. El objetivo principal de esta comparación es verificar la correlación entre la carga instalada en las alcaldías y el consumo energético registrado.

Posteriormente, se realiza una comparación adicional. Al contrastar estos índices con las predicciones del consumo de energía reducida se observa que los índices son menores. Estas predicciones se fundamentan en la implementación del tratamiento térmico de los edificios municipales, la evaluación de estas predicciones ofrece una visión específica de cómo las medidas de tratamiento térmico han influido en el consumo de energía, permitiendo identificar el impacto de las intervenciones implementadas en la eficiencia energética de los edificios municipales.

La evaluación revela que los equipos de aire acondicionado son los principales responsables de un elevado consumo energético. Como solución propuesta, se sugiere la implementación de aislamiento térmico. Tras el análisis del consumo de energía estimado, se observa una disminución promedio del 30% en los edificios municipales.

Destaca que el edificio de Tejutla experimentaría el mayor impacto en su consumo, evidenciando la eficacia potencial del cambio propuesto. Esta conclusión respalda la viabilidad y la importancia estratégica del aislamiento térmico como medida para reducir significativamente el consumo energético, especialmente en el contexto de los equipos de aire acondicionado.

## **INTRODUCCIÓN**

Se propone la implementación de medidas para reducir el consumo de energía y mejorar la eficiencia energética en edificios municipales, con el objetivo adicional de disminuir las emisiones de carbono. Las acciones sugeridas incluyen la actualización de sistemas de iluminación, la optimización de equipos, la gestión inteligente de energía, el aislamiento térmico, la integración de fuentes de energía renovable y programas de concientización.

Es esencial que las alcaldías busquen reducir sus facturas de energía eléctrica, dado que esto representa un gasto considerable en su presupuesto. Además de los beneficios económicos, esta iniciativa puede tener un impacto positivo en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyendo así a prácticas más sostenibles. Al liderar con el ejemplo, las alcaldías pueden inspirar a la comunidad a adoptar medidas similares, fomentando un compromiso colectivo hacia la eficiencia energética y la preservación del medio ambiente.

Las propuestas presentadas están fundamentadas en la familia de normas ISO 50000, estas normas proporcionan un marco sólido para abordar eficientemente la gestión de la energía, asegurando que las medidas propuestas estén alineadas con estándares reconocidos internacionalmente en este ámbito. La adhesión a las normas ISO 50000 no solo fortalece la integridad de las propuestas, sino que también respalda la implementación de prácticas efectivas para mejorar la eficiencia energética.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Identificar las oportunidades de mejora del desempeño energético en edificios municipales de El Salvador.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un seguimiento de la investigación previa “Línea de consumo base de electricidad en edificios administrativos municipales en El Salvador” con el fin de determinar si se ha logrado una mejoría con respecto al consumo de energía histórico.
- Identificar las cargas que tienen un mayor impacto en el consumo energético para enfocar apropiadamente las medidas de eficiencia energética.
- Calcular las emisiones de dióxido de carbono, utilizando como referencia el factor de emisiones de gases de efecto invernadero de El Salvador y determinar su tendencia histórica de las emisiones.
- Determinar los indicadores de desempeño energético (energía eléctrica) de los edificios municipales de El Salvador.

## **ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **ALCANCES**

Se realiza un análisis comparativo del consumo de energía eléctrica en los edificios municipales de San Martín, Tejutla, Sensuntepeque, Guazapa y Verapaz, todos ellos sujetos a la investigación previa titulada "Línea de Consumo Base de Electricidad en Edificios Administrativos Municipales en El Salvador".

El levantamiento de la carga eléctrica se concentra en los equipos situados dentro de las instalaciones municipales y supuestos a estar conectados aguas abajo del medidor eléctrico. Aquellos equipos que no cumplen con este criterio se excluyen del alcance de la investigación.

Este estudio se enfoca exclusivamente en la proposición de alternativas para mejorar la eficiencia energética, sin abarcar la implementación de un caso específico de dichas propuestas. La única medida que se analizará detalladamente es aquella relacionada con el aislamiento térmico realizando estimaciones de consumo de energía.

### **LIMITACIONES**

Debido a restricciones de tiempo y a la disponibilidad limitada de información disponible de las alcaldías durante el levantamiento, no fue posible confeccionar un diagrama unifilar detallado de las instalaciones. Esta limitación impide realizar un seguimiento exhaustivo de las cargas y determinar con certeza si estas realmente corresponden a los circuitos contemplados en el estudio. En otras palabras, no se puede garantizar que se hayan considerado todas las cargas necesarias o que no se hayan omitido algunas durante el proceso de levantamiento.

En la estimación del consumo de energía, se considerará exclusivamente la propuesta de instalar aislamiento térmico. Esta decisión se fundamenta en que es el primer paso esencial para mejorar la eficiencia energética y otras propuestas, bien sea por su impacto menor o por su dificultad para medir de manera fiable, no serán parte de esta fase de análisis. La focalización en el aislamiento térmico permitirá una evaluación más precisa y específica de su impacto en el consumo de energía.

Se ha observado un aumento significativo en el factor de emisión de gases de efecto invernadero, lo que ha resultado en un incremento en las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en comparación con los valores del año anterior. En respuesta a este cambio, la reducción del consumo de energía se plantea como una medida para mitigar en la medida de lo posible este impacto ambiental.

Se atribuye este aumento en el factor de emisión a la incorporación de una nueva planta de generación eléctrica basada en gas natural. La consideración de la eficiencia energética se vuelve crucial no solo para reducir costos, sino también para contrarrestar el impacto ambiental asociado con este cambio en la matriz energética.



## **JUSTIFICACIÓN**

En respuesta a la creciente necesidad de administrar los recursos energéticos de manera más eficiente y teniendo como punto de partida las investigaciones previas hechas en edificios municipales, la implementación de un "Plan de Mejora del Desempeño Energético" en los edificios municipales se presenta como una medida estratégica para mitigar factores que disminuyen la eficiencia energética. En un contexto donde el ahorro energético es esencial tanto para el entorno ambiental como para la estabilidad financiera, este proyecto adquiere un valor central.

Al mejorar la eficiencia en la utilización de energía, no solo se contribuye directamente al ahorro de costos operativos, sino que también se envía un mensaje de compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad hacia las futuras generaciones. La implementación de prácticas y tecnologías que reduzcan el consumo energético no solo beneficiará al edificio en sí, sino que también ejemplifica la importancia del ahorro energético.

La implementación de sistemas más eficientes en términos de energía no solo mejora el rendimiento operativo, sino que también contribuye significativamente a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Con esta perspectiva, las alcaldías se proponen fomentar una cultura de uso racional de los recursos energéticos, destacando y promoviendo activamente los beneficios asociados con la eficiencia energética.

Este enfoque no solo fortalece la sostenibilidad de las operaciones municipales, sino que también establece un ejemplo valioso para la comunidad, impulsando la conciencia sobre la importancia de la eficiencia energética en la mitigación de impactos al medio ambiente.

## CAPÍTULO I. MARCO REFERENCIAL

### 1.1 LISTA DE ABREVIATURAS

CNE	Consejo Nacional de Energía
CO2	Dióxido de Carbono
COEES	Comité de Eficiencia Energética del Sector Público
GRNC	Generación Renovable No Convencional
HVAC	Siglas en ingles de Sistema de climatización y ventilación
IDE	Índice de desempeño energético
ISO	International Organization for Standardization (Organización internacional de Normalización)
kWh	kilowatt-Hora
LBE	Línea de Base de Energía
SATE	Sistema de Aislamiento Térmico Exterior o EIFS en ingles
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MINED	Ministerio de Educación
MINEC	Ministerio de Economía
EEPB	Eficiencia Energética en Edificios Públicos
UNIDO	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
CICG	Centro Internacional de Conferencias de Ginebra
OSN	Organismo Salvadoreño de Normalización
NTS	Norma Técnica Salvadoreña
IEC	Norma internacional de la Comisión Electrotécnica Internacional
GHG	Factor de emisiones de efecto invernadero
EPS	Expanded Polystyrene (Poliestireno expandido)

## **1.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **Eficiencia energética**

Proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado del desempeño, servicio, productos, materias primas, o de energía y la entrada de energía. Hace referencia a la capacidad para obtener los mejores resultados en cualquier actividad empleando la menor cantidad posible de recursos energéticos. Nos permite reducir el consumo de cualquier tipo de energía y con ello los posibles impactos ambientales asociados a ella. (ISO 50001, 2018).

### **Desempeño energético**

Resultados medibles relacionados con la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de energía.

Es un valor o medida que cuantifica los resultados relacionados con el desempeño energético, el uso y el consumo en instalaciones, sistemas procesos y equipos. Las organizaciones los utilizan como una medida de su propio desempeño energético. (ISO 50001, 2018).

### **Dióxido de carbono**

Gas más pesado que el aire, formado por la combinación de un átomo de carbono y dos de oxígeno, que se produce en las combustiones. Es el principal de los gases de efecto invernadero que se emite a raíz de las actividades del ser humano, su fórmula química es CO<sub>2</sub>. (RAE, 2022).

### **Auditoria Energética**

Es una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con el fin de reducir la cantidad de energía de entrada al sistema y costo, sin afectar negativamente la productividad, esto con el objeto de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio. (U.S. Dept. of Energy, GARD Analytics, s.f).

### **Consumo energético**

El consumo energético es el gasto total de la energía y normalmente incluye más de una fuente energética. Lo asociamos de energía eléctrica, pero aquí entrarían también el gas, el gasoil o la biomasa, etc. Además, el consumo de energía está conectado a la eficiencia energética El consumo energético eléctrico (kWh-año) Se refiere al consumo energético que tiene el edificio en un año completo, en unidades correspondientes de kWh-año. (Total Energies, 2021).

### **Línea Base de Energía**

Es una referencia que caracteriza y cuantifica el desempeño energético de una organización durante un período de tiempo especificado, dichas líneas permiten a una organización evaluar los cambios en el desempeño energético entre períodos seleccionados. La LBE también se utiliza para el cálculo del ahorro de energía, como referencia antes y después de la implementación de acciones de mejora de desempeño energético. (ISO 50001, 2018).

### **RETScreen**

Es una plataforma de gestión de energía limpia, la cual permite la planificación, la implementación el monitoreo y la generación de informes con bajas de emisiones de carbono. Por medio de este software se permite evaluar la viabilidad de proyectos de eficiencia energética, energías renovables y cogeneración de igual manera el rendimiento operativo de los mismos. (Gobierno de Canadá, 2022)

## **1.3 MARCO TEÓRICO**

### **1.3.1 DESEMPEÑO ENERGÉTICO**

El desempeño energético abarca una serie de conceptos que tienen relación directa con la eficiencia energética, el uso de la energía y su consumo. Cualquier organización que quiera tener un desempeño energético eficaz deberá de considerar estos elementos. El desempeño energético proporciona a la organización un elemento clave para medir y cuantificar el estado de su Sistema de Gestión de la Energía.

A través de indicadores de desempeño energético y con las líneas de base de energía, las cuales demostrarán que existe una verdadera mejora en su desempeño energético. Si este proceso de medición se hace de forma correcta, la organización podrá conocer cómo están funcionando cada uno de sus procesos en relación al uso de energía, lo que ayudará a detectar con claridad qué aspectos se pueden mejorar y cuáles requieren mayores acciones.

Cada organización deberá definir qué indicadores resultan importantes en sus actividades, una revisión energética le proporcionará la información necesaria para identificar con claridad las IDEs y los LBEs.

### **1.3.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA**

La eficiencia energética es una métrica utilizada con frecuencia para medir el desempeño energético y se puede utilizar como base para los indicadores energéticos. Se puede expresar de varias formas, tales como la energía de entrada o salida (eficiencia de conversión); energía necesaria o consumida (cuando la energía requerida se puede derivar de un modelo teórico o algún otro tipo de relación); salida de la producción o consumo de energía (por ejemplo, las toneladas de producción por unidad de energía consumida).

La eficiencia energética es la capacidad para usar menos energía para producir la misma actividad manteniendo la comodidad de los ambientes. Es una estrategia que consiste en seleccionar equipos o instalaciones que consumen menos energía y producen iguales o mejores resultados. Juega un papel importante para la economía y el bienestar social de todos los sectores del país.

Uno de los beneficios directos de implementar medidas orientadas al uso eficiente de la energía es la reducción de costos y vuelve más competitivos y rentables a la industria, el comercio y contribuye a la reducción de gastos en el sector público.

En la actualidad, muchos autores que publican la forma de mejorar el consumo de energía en viviendas, industrias, edificios, en general, adoptan o elaboran el concepto de Eficiencia Energética, que siendo muy distinto en su forma literal presenta en común la idea que tiende a transmitir en establecer estrategias de reducción de consumo energético.

Entre algunos conceptos que se han tomado de publicaciones de diversos autores se tienen a continuación las siguientes:

*“La eficiencia energética es el uso de la tecnología que requiere menos energía para realizar la misma función. Una bombilla fluorescente compacta que utiliza menos energía que una bombilla incandescente para producir la misma cantidad de luz es un ejemplo de eficiencia energética. Sin embargo, la decisión de sustituir una bombilla incandescente con una fluorescente compacta es un acto de conservación de la energía”*

ELA-U.S. Energy Information Administration.

Organismo de estadística y de análisis en el  
Departamento de Energía de los Estados Unidos.

“La eficiencia energética es una herramienta que ayuda a reducir el consumo energético de los sistemas eléctricos y térmicos y a su vez busca optimizar el desempeño de los mismos, evaluando sus parámetros de funcionamiento, sus consumos energéticos, la variación de la carga durante el período de trabajo, sus rendimientos, entre otros parámetros específicos de cada equipo.”

Manual Eficiencia Energética para mypes.

Unidad de Capacitación y Asistencia Técnica en Eficiencia Energética

Centro de Producción más limpia de El Salvador

“La Eficiencia Energética se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort y calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso...”

Donotakio Udala

Ayuntamiento de San Sebastián, España

### **1.3.3 IMPORTANCIA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Desde el punto de vista ambiental, el ahorro de energía contribuye a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y atenúa los efectos del cambio climático. Además, se considera la forma más rentable de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. El modelo energético actual está decayendo considerablemente, en este sentido diversos estudios demuestran que la utilización de combustibles fósiles está disminuyendo en cuanto a la generación de la energía.

El cambio de modelo energético es una necesidad, con un mayor aprovechamiento de las energías renovables, la eficiencia y el ahorro energético, es la mejor solución ante el futuro agotamiento de fuentes convencionales o fuentes de energía fósiles y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En El Salvador, la demanda energética está creciendo constantemente, debido al crecimiento poblacional y el crecimiento económico, apreciable en la Figura 1 donde se muestra la evolución de la demanda total en El Salvador a través de los años, hasta el año 2022 y 2023.

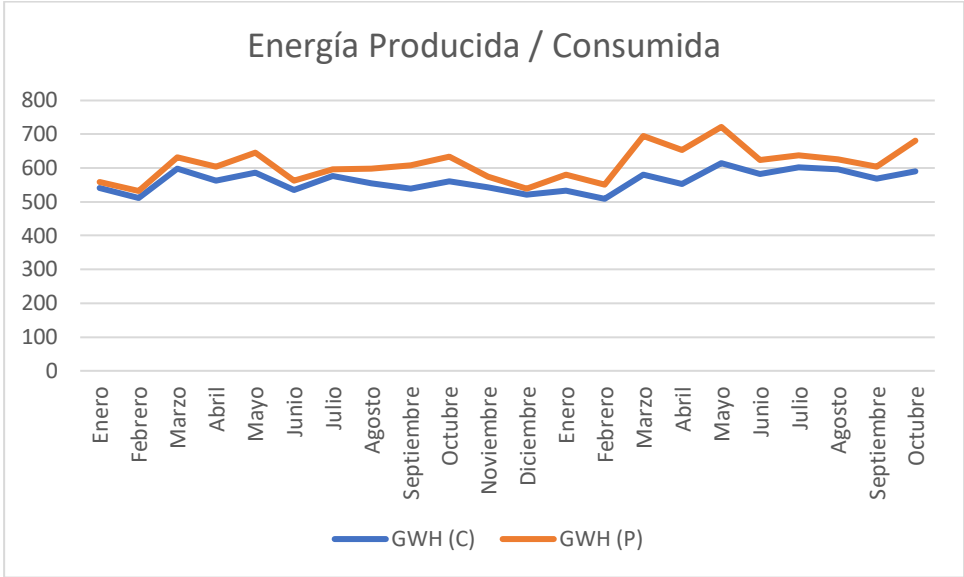


FIGURA 1: COMPARACIÓN DE ENERGÍA GENERADA CONTRA ENERGÍA CONSUMIDA<sup>1</sup>

**1.3.4 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS**

Para que las edificaciones trabajen eficientemente, debemos de entender cómo funciona un edificio, para ello, se deben de comprender aquellos componentes que contengan las condiciones mínimas de eficiencia energética que se le atribuye al edificio desde el momento en que se diseña hasta la operación a la que será aplicado, entonces, el funcionamiento energético de un edificio se expresa en el siguiente párrafo:

"Un edificio es una MÁQUINA TÉRMICA a la cual se le aplica una ENERGÍA (en forma de energía térmica, eléctrica) mediante la transformación de la cual es capaz de realizar un TRABAJO (calefacción, refrigeración, iluminación, ascensores, etc.) y generando a la vez unos residuos"

Dr. Florencio Manteca González, Departamento de Arquitectura  
Bioclimática de CENER

<sup>1</sup> Fuente: Unidad de Transacciones, Reportes, 'inyecciones por recurso' contra 'demanda total'.



Cualquier tipo de energía (entiéndase a la energía del tipo eléctrico y combustible) que ingresa al edificio, es utilizada de acuerdo a la aplicación que se requiera internamente en la infraestructura. Si se considera un edificio del tipo administrativo, la electricidad se utiliza para la iluminación, los equipos eléctricos de oficina y los equipos de aire acondicionado.

La utilización de equipos eléctricos y la carga térmica de los usuarios incrementan la temperatura interna de la infraestructura, esto da partida a soluciones de climatizar la infraestructura, implementado los distintos tipos de tecnología que existen en la actualidad. Estas tecnologías suelen ser la utilización de elementos para la aislación térmica del edificio, instalación de equipos de aire acondicionado, utilización de los elementos naturales, etc.

El valor a largo plazo de un edificio depende de 3 factores:

- a) La capacidad de satisfacer las necesidades de los usuarios;
- b) De proteger contra condiciones medioambientales variables;
- c) La evolución de las expectativas sobre calidad del proyecto.

La eficiencia energética debe de comenzar desde la realización de los planos arquitectónicos de la infraestructura, en este punto todo profesional en diseño arquitectónico debe de considerarse aspectos tales como: trayectoria y proyecciones del sol, orientación del edificio, la captación y protección solar sobre la envolvente, consideración de aislación térmica.

Una vez terminado el diseño arquitectónico se continúa con la parte de diseño eléctrico, en esta etapa, lo significativo a considerar el diseño de la iluminación. El electricista (ingeniero, técnico, etc.) junto con profesionales en arquitectura, deben de concertar con la mejor iluminación adecuada para el área de acuerdo con su tipo de ocupación considerando la luz natural.

Se evalúan tecnologías de aislamiento térmico del edificio, tanto para las paredes como para las ventanas interiores y exteriores, entre otras configuraciones sobre la estructura del edificio. Se muestran imágenes de referencias en las Figura 2 para las paredes y la Figura 3 para las ventanas.

Entre las ventajas que proporcionan estos sistemas son la reducción de ruido, controlar y regular el paso de la luz natural y rayos UV, evita la transferencia térmica de los espacios interiores con el exterior y proporciona un importante ahorro económico en consumos de energía.

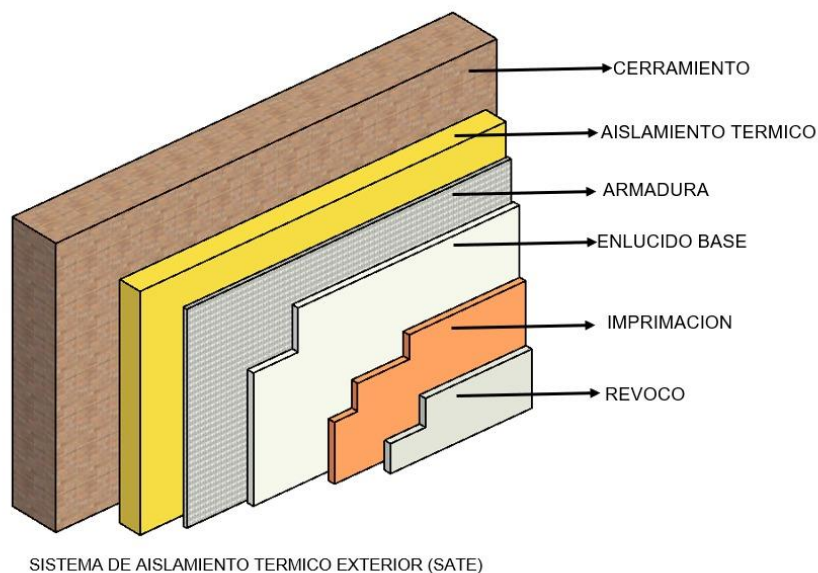


FIGURA 2: SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR (SATE)

La última etapa constituye la evaluación y análisis del modelo arquitectónico del edificio, en este punto todos los profesionales deben de integrarse para evaluar el diseño del edificio mediante instrumentos informáticos de análisis energéticos. Los resultados del análisis determinarán el comportamiento energético del edificio.

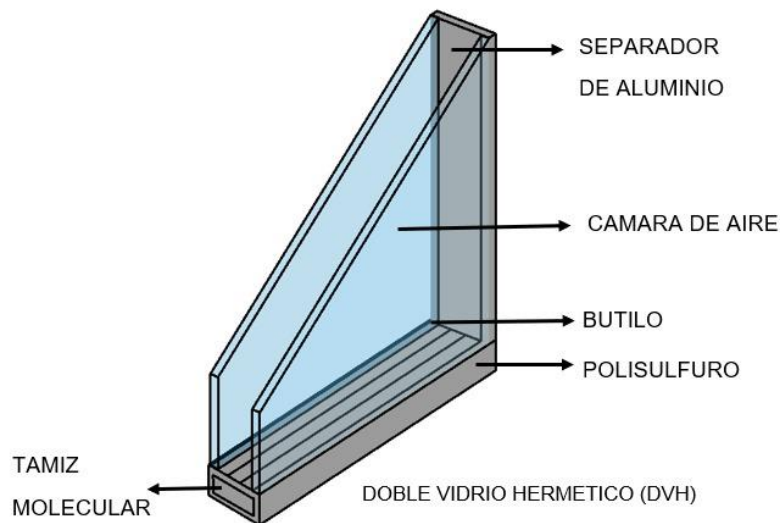


FIGURA 3: DOBLE VIDRIO HERMÉTICO (DVH)

Sin embargo, estos resultados previos a la operación del edificio son parciales, es decir, puede ser que cuando el edificio entre a operar, no se tenga los resultados esperados de eficiencia energética, debido a muchas razones que puede variar dependiendo del responsable de la infraestructura.

A pesar de que estos sistemas se deben de considerar desde la etapa de diseño, estos se pueden instalar en posteriormente para mejorar la eficiencia energética de los edificios. Donde no se pueda instalar un sistema SATE se recomienda instalar un aislante térmico sobre el cielo falso y no aislamiento térmico en interiores.

### 1.3.5 AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN EDIFICIOS EXISTENTES

Las auditorías son un proceso sistemático mediante el que se obtiene un conocimiento suficiente fiable del consumo energético de la empresa para detectar los factores que afectan a dicho consumo e identificar y evaluar las distintas oportunidades de ahorro en función de su rentabilidad.

La realización de auditorías energéticas permite conocer en detalle los indicadores de mayor interés energético de los edificios y proponer actuaciones para mejorar la eficiencia de los equipos e instalaciones.

En la actualidad existen edificios que han estado operando por muchos años, por lo que, no se puede aplicar el proceso 'diseño previo', sin embargo, ciertos términos siguen siendo válidos para aplicarlos a estas infraestructuras existentes, como: el aislamiento térmico exterior e instalación de elementos de protección solar.

Los objetivos que se deberían alcanzar al intervenir en un edificio serían:

- Mayor rendimiento energético en los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos.
- Mejor aislamiento en los equipos y conductos de los fluidos térmicos.
- Utilización de energías renovables, como la energía solar.
- Incorporación de subsistemas de recuperación de energía y aprovechamiento de energías residuales.
- Modernizar los equipos menos eficientes por equipos modernos con mayor eficiencia y menor impacto ambiental.

## **EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS**

La optimización energética de los recursos en los edificios de propiedad pública debe desempeñar un papel ejemplar y ser una inspiración para todos los ciudadanos. La eficiencia energética es una estrategia válida para solucionar el problema de la escasez de fondos públicos y puede contribuir a disminuir los graves problemas de la energía y el clima.

En este sentido, el sector público debe predicar con el ejemplo en lo que se refiere a inversiones, mantenimiento y gestión energética de sus edificios, instalaciones y equipamiento.

Los edificios públicos en El Salvador guardan un enorme potencial de ahorro de energía, para diseñar las intervenciones necesarias y evaluar el potencial de ahorro se pueden utilizar herramientas como simuladores energéticos, donde se crea un modelo acorde a la instalación actual en el cual se puede dimensionar las intervenciones para alcanzar los valores de eficiencia esperados.

Algunas herramientas para realizar el análisis energético son:

- ECOTEC
- TRNSYS
- DOE-2
- DESING BUILDER
- ENERGY PLUS
- TERMUS PLUS

#### **1.4 ANTECEDENTES**

El gobierno de El Salvador ha dado pasos esenciales sobre la creación de proyectos con el fin de determinar políticas energéticas que permitan la elaboración e inserción de estrategias para la administración de la energía en el sector público.

El 30 de agosto del 2007 la Asamblea Legislativa de El Salvador emitió el decreto legislativo N°404, concerniente a la Ley de Creación del Consejo Nacional de Energía (CNE), cuya finalidad, es el establecimiento de políticas estratégicas que promuevan el desarrollo eficiente del sector energético, garantizando a los ciudadanos la prestación de servicios esenciales a la comunidad, así como incentivar al buen uso y consumo racional de las fuentes energéticas.

Con el comienzo de este Consejo y con el apoyo de algunas instituciones gubernamentales, como el Ministerio del Medio Ambiente (MARN), el Ministerio de Educación (MINED), el Ministerio de Economía (MINEC), entre otras, se crearon los Comités de Eficiencia Energética del Sector Público (COEES), con el propósito de

generar una cultura de uso racional y eficiente de los recursos energéticos a nivel del sector público.

En la actualidad se ha impulsado el proyecto de Eficiencia Energética en Edificios Públicos (EPPB, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo es introducir la eficiencia energética en los edificios públicos nuevos y existentes mediante la creación de un entorno normativo propicio en el aumento de concienciación de los usuarios, el desarrollo de criterios y estándares de desempeño y la implementación de un plan de eficiencia energética en determinadas entidades públicas.

Sin embargo, existen barreras, tanto administrativas como técnicas y financieras, en cuanto a la ausencia de profesionales en estudios energéticos y que generan densidad asociativa para fortalecer los comités y/o emprender varios comités destinados a una sólida implementación de eficiencia energética dirigidas al sector público.

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO) había reconocido la necesidad de la industria de un estándar internacional como respuesta eficaz al cambio climático y la proliferación de los estándares nacionales de la Gestión de la energía.

La presentación oficial de la Norma ISO 50001 se realizó el 17 de junio de 2011 en el Centro Internacional de Conferencias de Ginebra (CICG), el 27 de febrero de 2014 el Organismo Salvadoreño de Normalización (OSN) difunde la Norma Técnica Salvadoreña: NTS ISO 50001:2011 “Sistemas de Gestión de la Energía Requisitos con Orientación para su Uso” basada en la norma internacional ISO 50001.

La ISO 50001 se basa en el modelo ISO de sistemas de gestión, que permite a una organización definir una estructura probada para lograr la mejora continua en sus procedimientos y procesos. Especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un Sistema de Gestión de Energía, con el propósito de permitir

a una organización contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de energía.

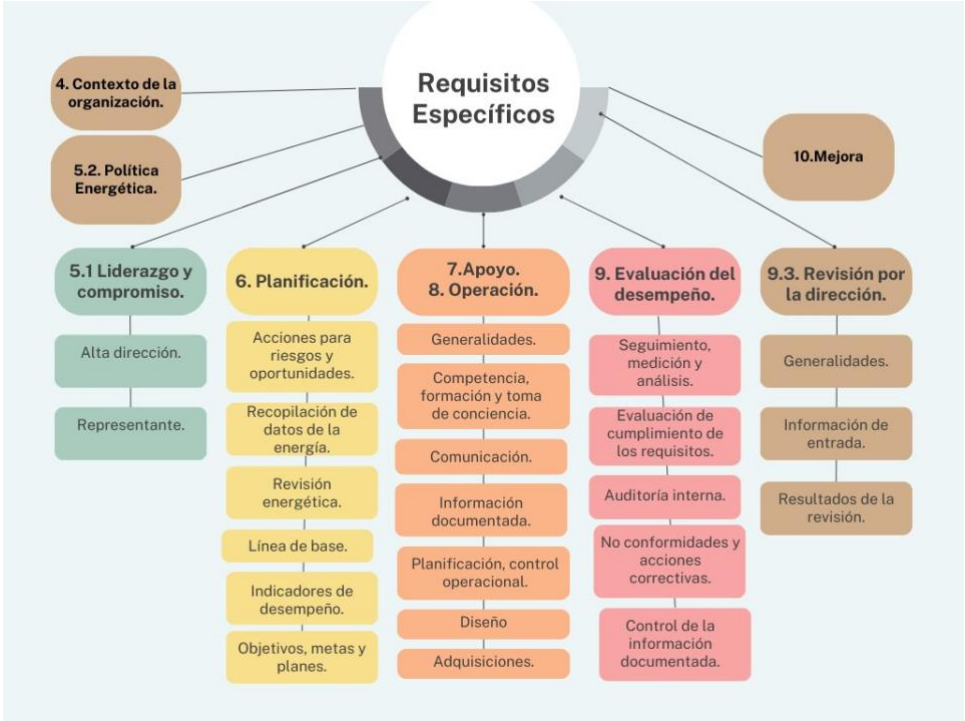


FIGURA 4: REQUISITOS ESPECÍFICOS DE LA NORMA ISO 50001:2018

Para El Salvador, la eficiencia en el uso de la energía es el componente fundamental de la Política Energética, dado la limitada oferta de recursos energéticos primarios con la que el país cuenta y la fuerte dependencia de los derivados del petróleo para la generación de energía eléctrica y el transporte.

Por lo que se establece como punto de inicio en las entidades públicas para que estas sirvan como modelo y paralelamente deberán apoyar los avances que propongan los sectores académicos y gremiales.

El CNE en su manual de recomendaciones para el uso eficiente de energía en el gobierno central muestra datos con los cuales se podría obtener aún más información de los valores a tomar en cuenta en los edificios públicos, en las

investigaciones previas de dicho estudio se muestra un panorama del consumo de energía, siendo el más considerable la climatización.

En las instalaciones del sector público, dichos valores se contemplan en la figura 5, por lo que se es necesario poder realizar una comparativa entre los distintos locales y el consumo que se está teniendo en ellos, ahí es donde entra la necesidad del establecimiento de los IDEs, que se describen en estos estudios previos y en el presente estudio.

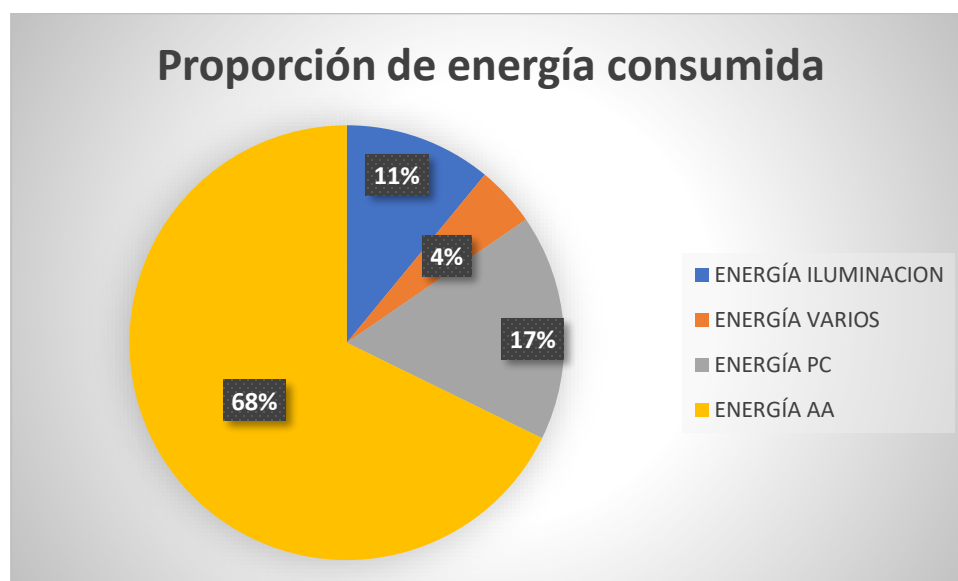


FIGURA 5: CONSUMO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS MUNICIPALES<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Fuente: “Línea de consumo base de electricidad en edificios administrativos municipales en El Salvador” – promedio de consumo de energía de los edificios seleccionados.



## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

Basados en los antecedentes y resultados de la tesina “Línea de consumo base de electricidad en edificios administrativos municipales en El Salvador” se tomaron en cuenta las alcaldías con IDE (Indicador de Desempeño Energético) más alto, este indicador entre más alto sea indica una peor eficiencia del uso de la energía.

El método de muestreo empleado es el muestreo deliberado, crítico o por juicio que aquel que se selecciona con base en el conocimiento de una población o propósito del estudio.

### **Muestreo deliberado, crítico o por juicio<sup>3</sup>**

El muestreo deliberado, crítico o por juicio, es una técnica de muestreo no probabilístico en la que los miembros de la muestra se eligen sólo sobre la base del conocimiento y el juicio del investigador. Como el conocimiento del investigador es instrumental en la creación de una muestra, hay posibilidades de que los resultados obtenidos sean altamente precisos con un mínimo margen de error.

El proceso de selección de una muestra mediante el muestreo deliberado, crítico o por juicio implica que los investigadores seleccionen cuidadosamente a cada individuo para que forme parte de la muestra. El conocimiento del investigador es fundamental en este proceso de muestreo ya que los miembros de la muestra no se eligen al azar.

### **2.1 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA**

Se seleccionaron 5 alcaldías de la tesina “Línea de consumo base de electricidad en edificios administrativos municipales en El Salvador”, de las cuales 2 tenían los IDEs más elevados y las otras con valores promedio para realizar una comparativa entre ellas.

---

<sup>3</sup> Fuente: Portal de ‘Probabilidad y estadística’ de la academia Balderix  
<https://www.probabilidadyestadistica.net/muestreo-discrecional-o-por-juicio/>

TABLA I. ZONA GEOGRÁFICA DE MUNICIPIOS SELECCIONADOS

Zona Geográfica	Departamento	Municipios
Zona Central	San Salvador	Guazapa
	San Salvador	San Martín
	Cabañas	Sensuntepeque
	Chalatenango	Tejutla
Zona Paracentral	San Vicente	Verapaz

## 2.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

Se recolectaron los datos de la tesina “Línea de consumo base de electricidad en edificios administrativos municipales en El Salvador” el registro histórico de consumo de energía, en el cual se representa el consumo mensual de las alcaldías identificando el año y mes al que pertenece dicho consumo. Corresponden a las tablas que van desde la Tabla II hasta la Tabla VI que corresponde a los consumos de energía registrados en las facturas eléctricas en el año y mes correspondiente.

TABLA II. DETALLE DE CONSUMO DE ENERGÍA – ALCALDÍA DE GUAZAPA

AÑO	2022	2021	2020	2019
Mes	kWh	kWh	kWh	kWh
Enero	1418.00	970.00	1307.00	
Febrero	1907.00	1492.00	1465.00	
Marzo	1850.00	1601.00	1734.00	
Abril	1745.00	1228.00	1273.00	
Mayo	1342.00	1882.00	1038.00	
Junio	1558.00	1301.00	1342.00	
Julio	1563.00	1656.00	1339.00	
Agosto	1489.00	1759.00	1267.00	
Septiembre		1633.00	1280.00	1821.00
Octubre		1491.00	1304.00	1768.00
Noviembre		1669.00	1294.00	1363.00
Diciembre		1887.00	1303.00	1493.00

TABLA III. DETALLE DE CONSUMO DE ENERGÍA – ALCALDÍA DE SAN MARTÍN

AÑO	2022	2021	2020	2019
Mes	kWh	kWh	kWh	kWh
Enero	7528.45	5876.85	7484.61	
Febrero	7927.97	7783.02	8672.16	
Marzo	8044.89	8775.69	9378.60	
Abril	9421.23	6954.78	9701.37	
Mayo	8300.67	8964.48	7600.32	
Junio	8501.64	10535.70	8915.76	
Julio	8338.45	9536.94	7393.26	
Agosto	8349.39	10316.46	8793.96	
Septiembre		8337.21	6650.28	8767.17
Octubre		9433.41	8586.90	10197.09
Noviembre		9299.43	7941.36	9853.62
Diciembre		8848.77	7149.66	9616.11

TABLA IV. DETALLE DE CONSUMO DE ENERGÍA – ALCALDÍA DE SENSUNTEPEQUE

AÑO	2022	2021	2020	2019
Mes	kWh	kWh	kWh	kWh
Enero	4336.53	3338.34	3767.78	2891.63
Febrero	4232.00	3968.95	4646.78	3605.59
Marzo	4451.68	4213.68	4981.11	4513.80
Abril	4987.60	4210.22	4684.22	4705.43
Mayo	4238.65	5011.67	3241.81	3877.90
Junio	4148.26	5253.85	3228.21	3980.83
Julio	4160.53	4507.72	2887.88	4559.18
Agosto	4686.34	5177.61	3401.46	4706.96
Septiembre	4191.95	4795.16	3719.57	4750.91
Octubre		4719.04	3883.19	4395.46
Noviembre		4984.06	3800.36	4279.35
Diciembre		4789.89	3590.16	4902.24

TABLA V. DETALLE DE CONSUMO DE ENERGÍA – ALCALDÍA DE VERAPAZ

AÑO	2022	2021	2020	2019
Mes	kWh	kWh	kWh	kWh
Enero	1362.00			
Febrero	1975.00			
Marzo	2414.00			
Abril	1794.00			
Mayo	2299.00			
Junio	2301.00			
Julio	2290.00			
Agosto	2310.00			
Septiembre		2030.00		
Octubre		2020.00		
Noviembre		2051.00		
Diciembre		2106.00		

TABLA VI. DETALLE DE CONSUMO DE ENERGÍA – ALCALDÍA DE TEJUTLA

AÑO	2022	2021	2020	2019
Mes	kWh	kWh	kWh	kWh
Enero		3267.59	3653.67	2856.11
Febrero		4862.76	5613.18	4285.74
Marzo		5272.82	6309.14	5881.92
Abril		4942.55	5426.90	6592.83
Mayo		7281.31	1933.78	4782.37
Junio		6880.48	1666.27	6161.46
Julio		6226.11	4582.48	6612.42
Agosto		5659.85	5763.88	5853.20
Septiembre		5532.05	4214.87	5433.30
Octubre		5841.33	4377.51	5518.86
Noviembre		6093.25	5377.67	5503.43
Diciembre		5817.98	4996.13	5874.61

La Tabla VII esta información recopilada en cada una de las alcaldías, presenta el área total de las instalaciones y el personal que se encuentra de forma permanente en las instalaciones. Con dicha información se pueden calcular los IDEs y estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>.

TABLA VII. RESUMEN DE DATOS RECOLECTADOS DEL LEVANTAMIENTO

ALCALDÍA	ÁREA TOTAL DEL EDIFICIO [m <sup>2</sup> ]	CANTIDAD DE PERSONAS
<b>Guazapa</b>	782.02	90
<b>San Martín</b>	1587.90	128
<b>Sensuntepeque</b>	757.38	72
<b>Verapaz</b>	700.00	26
<b>Tejutla</b>	917.48	54

Todas las alcaldías funcionan de lunes a viernes y trabajan de 8:00am a 4:00pm, este comportamiento cíclico refleja un comportamiento típico en la curva de demanda: la demanda empieza a crecer con el inicio de las actividades diarias y hacia media mañana incrementa a su máximo cuando se accionan los equipos de aire acondicionado.

Por la tarde la demanda disminuye cuando los equipos se empiezan a apagar al finalizar la jornada laboral; luego de esto queda una carga remanente de equipos que quedan funcionando pero que su bajo consumo eléctrico para los fines de la investigación puede ignorarse. Lo anterior se repite los fines de semana en donde las instalaciones pasan cerradas al público.

TABLA VIII. HORARIO DE ATENCIÓN DE LAS ALCALDÍAS MUNICIPALES

ALCALDÍA	HORARIO DE ATENCIÓN	HORAS TOTALES DE FUNCIONAMIENTO
<b>Guazapa</b>	8:00 am a 4:00 pm	8.0h
<b>San Martín</b>	8:00 am a 4:00 pm	8.0h
<b>Sensuntepeque</b>	8:00 am a 4:00 pm	8.0h
<b>Verapaz</b>	8:00 am a 4:00 pm	8.0h
<b>Tejutla</b>	8:00 am a 4:00 pm	8.0h

Para complementar la información presente se hizo la solicitud de visitar las instalaciones de las alcaldías municipales para realizar un levantamiento de carga, el cual consistió en identificar las cargas conectadas a la red eléctrica. Se profundiza en el análisis del contenido de la Tabla IX en la sección ‘3.1 Potencia, demandada y consumo energético’ donde se muestran representaciones graficas comparando carga instalada y estimaciones de consumo de energía.

TABLA IX. RESUMEN DE LEVANTAMIENTO DE CARGA

	Guazapa	San Martín	Sensuntepeque	Verapaz	Tejutla
<b>Carga de Iluminación (kW)</b>	1.45	5.93	5.37	2.18	3.26
<b>Carga varios (kW)</b>	8.40	13.40	16.60	4.60	12.80
<b>Carga puestos de trabajo (kW)</b>	5.60	18.40	11.80	3.20	8.00
<b>Carga de aire acondicionado (kW)</b>	22.10	66.70	36.43	17.10	61.70
<b>Carga Total (kW)</b>	37.55	104.43	70.20	27.08	85.76

## DATOS DEL CLIMA EN EL SALVADOR

El Salvador está situado en la parte Norte del cinturón tropical de la Tierra, en el cual existen Zonas Térmicas las cuales están delimitadas por la altura en metros sobre el nivel medio del mar, se distinguen las siguientes tres zonas térmicas, de acuerdo con el promedio de la temperatura ambiente a lo largo del año<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> “Clima en El Salvador” información brindada por el Ministerio de Medio Ambiente <https://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima+en+el+salvador>

- De 0 a 800 metros: Promedio de temperatura disminuyendo con la altura de 27 a 22 ° C en las planicies costeras y de 28 a 22 ° C en las planicies internas.
- De 800 a 1,200 metros: Promedio de temperatura disminuyendo con la altura de 22 a 20 C en las planicies altas y de 21 a 19 C en las faldas de montañas.
- De 1,200 a 2,700 metros: Promedio de temperatura disminuyendo con la altura de 20 a 16 ° C en planicies altas y valles, de 21 a 19 en faldas de montañas y de 16 a 10 C en valles y hondonadas sobre 1,800 metros.

El software RETScreen nos facilita los datos para la humedad relativa y la temperatura del aire.

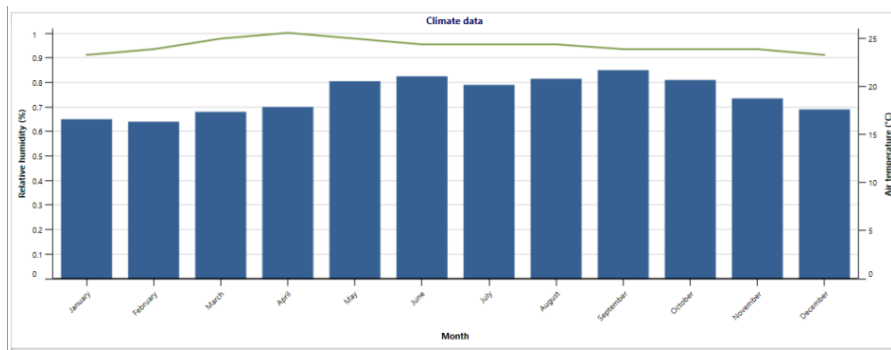


FIGURA 6: DATOS CLIMATOLÓGICOS DE EL SALVADOR

También se muestra a continuación los datos climatológicos de las 5 municipalidades:

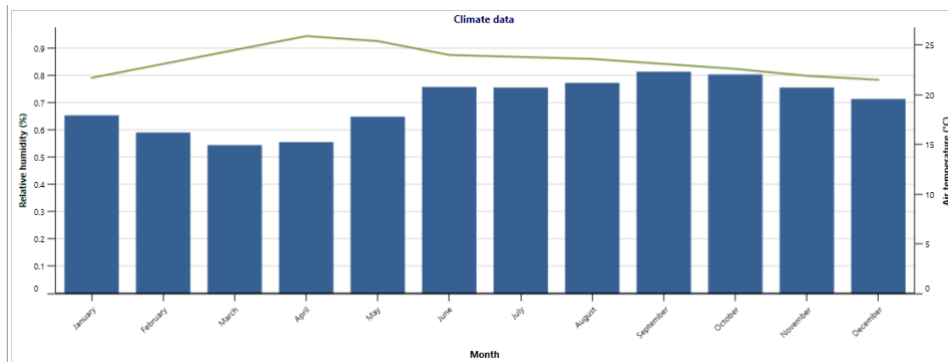


FIGURA 7: DATOS CLIMATOLÓGICOS DEL MUNICIPIO DE TEJUTLA

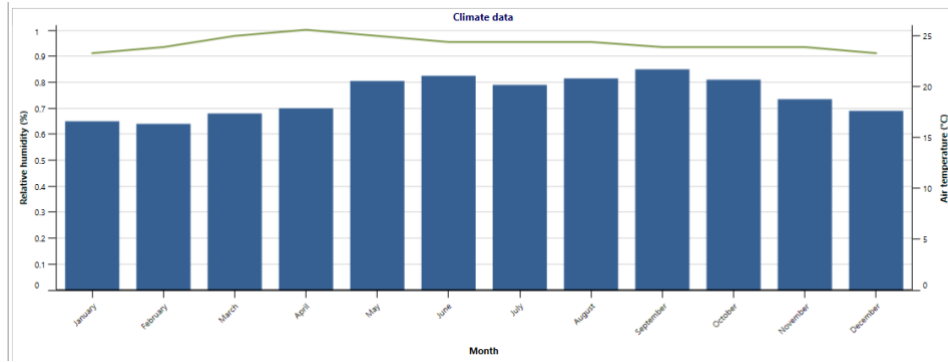


FIGURA 8: DATOS CLIMATOLÓGICOS DEL MUNICIPIO DE SAN MARTÍN

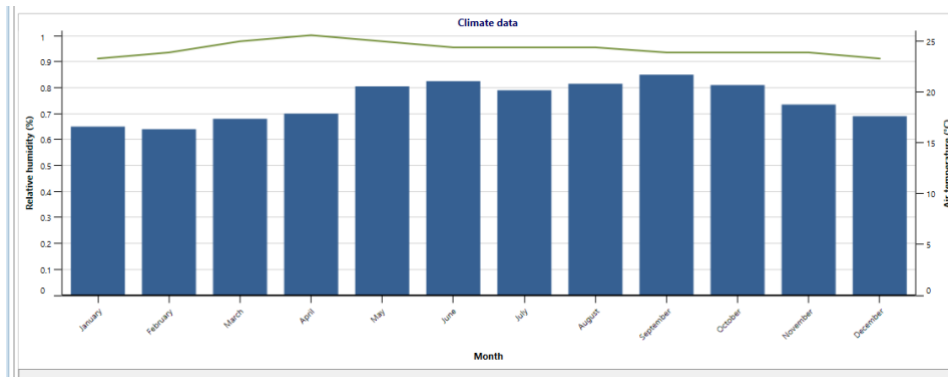


FIGURA 9: DATOS CLIMATOLÓGICOS DEL MUNICIPIO DE VERAPAZ

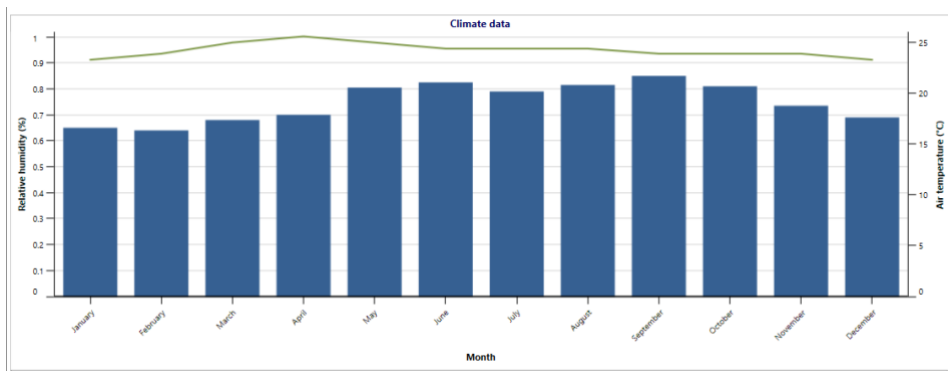


FIGURA 10: DATOS CLIMATOLÓGICOS DEL MUNICIPIO DE SENSUNTEPEQUE



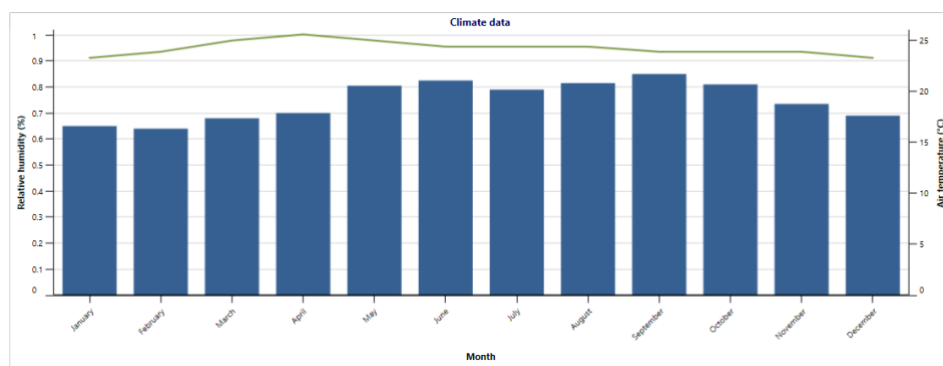


FIGURA 11: DATOS CLIMATOLÓGICOS DEL MUNICIPIO DE GUAZAPA

Se observa que la curva de humedad relativa y temperatura del aire son similares para todos los municipios, esto se debe a la cercanía relativa de cada municipio. A continuación, se clasifican las alcaldías por zonas térmicas:

TABLA X. CLASIFICACIÓN DE ZONA TÉRMICA Y MSNM DE LOS MUNICIPIOS

Zona térmica:	Municipio	Altura sobre el nivel del mar Msnm según RETScreen
2A- Hot- Humid	Tejutla	358
1A- Very Hot- Humid	Verapaz	622
	Guazapa	442
	Sensuntepeque	764
	San Martin	731

## 2.3 INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO

Con base a todos los datos recolectados y el registro histórico de energía que se consume en las alcaldías, se compara el consumo de energía global contra el área útil y contra la cantidad de personal para determinar los IDEs de cada alcaldía. Así mismo, se pueden calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> de las alcaldías, con el factor de 0.166kgCO<sub>2</sub>/kWh.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Dato obtenido de tesina “Línea de consumo base de electricidad en edificios administrativos municipales en El Salvador” correspondiente al año 2022

TABLA XI. RESUMEN DE IDE CON DATOS HISTÓRICOS

ALCALDÍA	kWh/m2	kWh/persona	kgCO2/m2	kgCO2/persona
<b>Guazapa</b>	23.39	203.22	3.88	33.73
<b>Sensuntepeque</b>	67.52	710.24	11.21	117.90
<b>Verapaz</b>	35.53	956.51	5.90	158.78
<b>San Martín</b>	65.79	816.12	10.92	135.48
<b>Tejutla</b>	67.92	1154.01	11.27	191.57

A pesar de los esfuerzos de implementar energías renovables, la generación fósil o termoeléctrica tiene una participación muy importante. Esto se demuestra en la Tabla XII que muestra la matriz de generación acumulada del año 2022 comparada con la del año 2023 hasta el mes de octubre. En la que se puede observar que la energía producida por combustibles fósiles o derivados se ha casi duplicado.

TABLA XII. COMPARATIVA DE LA MATRIZ ENERGÉTICA ACUMULADA (UT)

AÑO	Hidroeléctrico	Geotérmico	Térmico	Importaciones	GRNC
<b>2022</b>	<b>1,867.30</b>	<b>1,230.50</b>	<b>1,747.20</b>	574.00	554.90
<b>2023</b>	<b>1,206.30</b>	<b>1,244.70</b>	<b>3,259.70</b>	94.80	571.50

Se observa que para un mismo periodo de tiempo la generación de las otras fuentes de energía se mantiene estable, a excepción del decremento en las importaciones y que debido a ello el factor de emisiones de gases de efecto invernadero ha sufrido un incremento para finales del año 2023 en El Salvador con un valor actual de 0.262 kgCO<sub>2</sub>/kWh como se puede observar en la Figura 12.

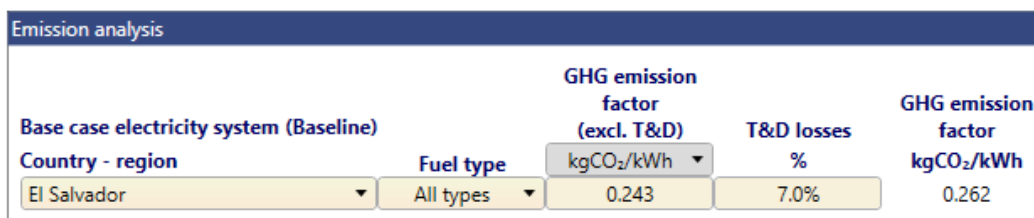


FIGURA 12: FACTOR DE EMISIONES / GHG EMISSION FACTOR (RETSREEN)

### CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

Durante las visitas de campo realizadas en las distintas alcaldías se extrajeron datos del área total de la edificación, cantidad de personas que hacen uso de las instalaciones, carga eléctrica instalada, datos eléctricos de equipos instalados, horarios de atención de los edificios y de los equipos relevantes. Todos estos datos sirven para estimar la energía consumida por la edificación y calcular indicadores de desempeño energético.

Los datos recopilados muestran que la alcaldía de mayor tamaño es la alcaldía de San Martín con un área total superior a 1500m<sup>2</sup> y con un aproximado de 128 personas que hacen uso de sus instalaciones todos los días, le sigue la alcaldía de Tejutla con un área total superior a los 900m<sup>2</sup> y con 54 personas que hacen uso de las instalaciones y el área del resto de alcaldías es muy similar y ronda entre los 700m<sup>2</sup> a 800m<sup>2</sup> y la cantidad de personas que usan las instalaciones varía entre 26 a 90 personas todos los días.

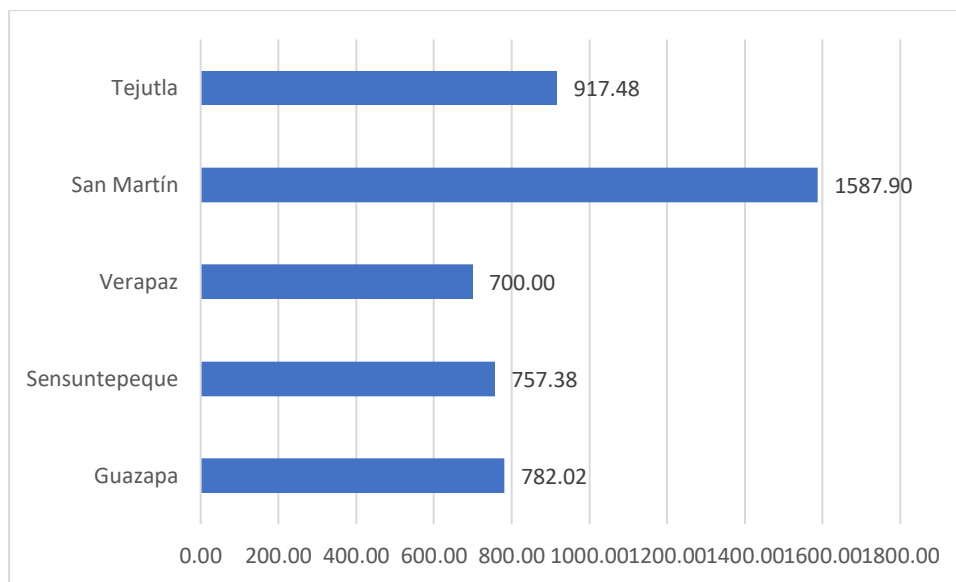


FIGURA 13: COMPARACIÓN DE ÁREA DE ALCALDÍAS MUNICIPALES

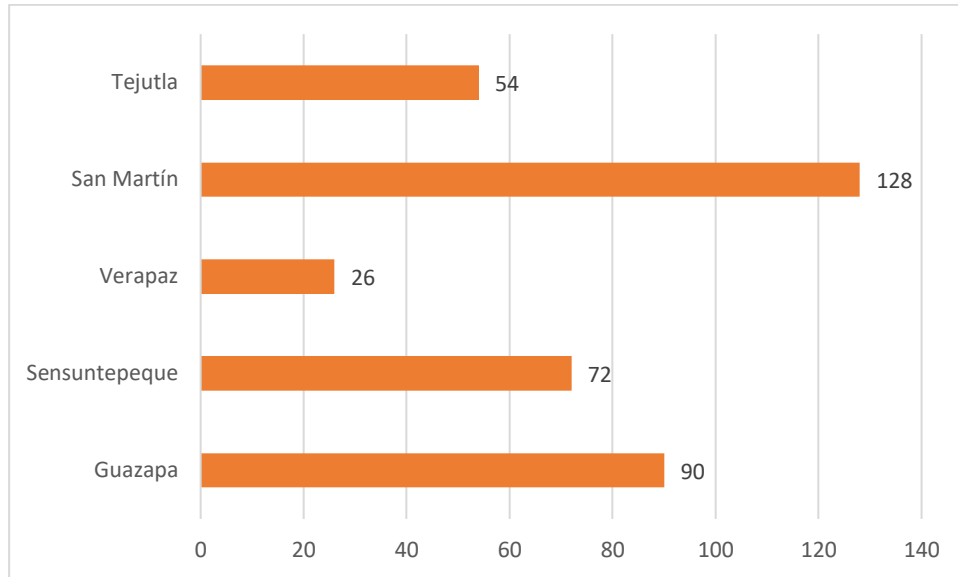


FIGURA 14: COMPARACIÓN DE PERSONAL DE ALCALDÍAS MUNICIPALES

Todas las alcaldías funcionan de lunes a viernes y trabajan de 8:00am a 4:00pm, por tanto, se ha considera que las cargas están conectadas durante 8.0h correspondientes a los días de trabajo con carga mínima fuera de horario laboral, por lo que no se tomará en cuenta. Para el cálculo de energía consumido por las cargas se utilizaron factores de diversidad y factores de demanda según el IEC 60439 y el NEC 2008.

### 3.1 POTENCIA, DEMANDADA Y CONSUMO ENERGÉTICO

La Tabla XIII resume la información recopilada en cada una de las alcaldías, también presenta la carga instalada segmentada en iluminación, puestos de trabajo (computadoras de escritorio), aire acondicionado y cargas varias. Se muestra un estimado del consumo en kWh diario para cada segmentación de carga presentado.

Para el cálculo de energía se consideran los factores de diversidad correspondientes, para iluminación '0.9', para carga variada '0.2' que corresponde a equipos de carga discontinua, para puestos de trabajo '0.6' y para equipos de aire acondicionado '0.7' respectivamente, así como jornadas laborales de 8 horas.

TABLA XIII. RESUMEN DE CARGAS Y ENERGÍA POR ALCALDÍA (ACTUAL)

	Guazapa	San Martín	Sensuntepeque	Verapaz	Tejutla
<b>Carga de Iluminación (kW)</b>	1,45	5,93	5,37	2,18	3,26
<b>Carga varios (kW)</b>	8,40	13,40	16,60	4,60	12,80
<b>Carga puestos de trabajo (kW)</b>	5,60	18,40	11,80	3,20	8,00
<b>Carga de aire acondicionado (kW)</b>	22,10	66,70	36,43	17,10	61,70
<b>Carga Total (kW)</b>	37,55	104,43	70,20	27,08	85,76
<b>Energía Iluminación (kWh)</b>	10,43	42,67	38,66	15,68	23,44
<b>Energía varios (kWh)</b>	10,24	10,72	13,28	7,36	11,84
<b>Energía puestos de trabajo (kWh)</b>	26,88	68,16	52,32	15,36	38,40
<b>Energía aire acondicionado (kWh)</b>	84,28	239,04	124,41	70,28	195,16
<b>Energía Total (kWh)</b>	131,83	360,59	228,67	108,68	268,84

Los gráficos de la Figura 15 a la Figura 24 muestran un resumen de cómo se distribuye la carga instalada (kW) y lo compara el consumo diario (kWh) de energía en iluminación, puestos de trabajo, aire acondicionado y carga variada.

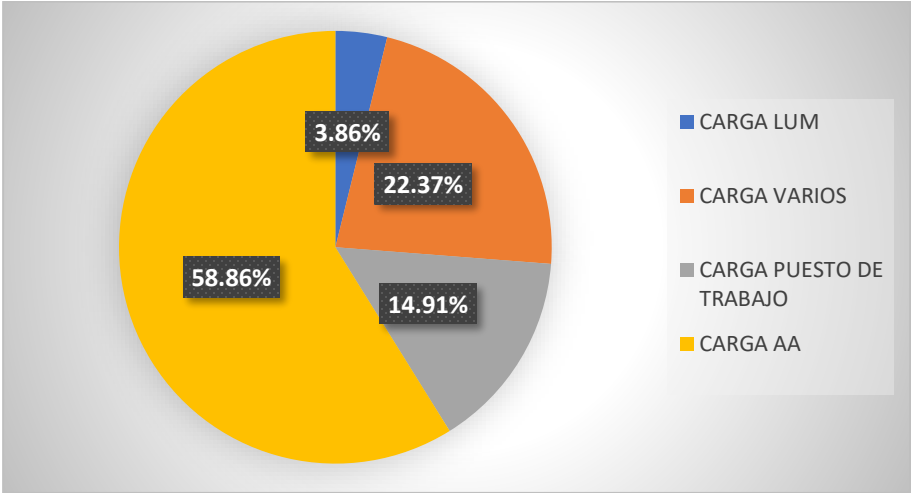


FIGURA 15: DISTRIBUCIÓN DEL TIPO DE CARGA DE LA ALCALDÍA DE GUAZAPA

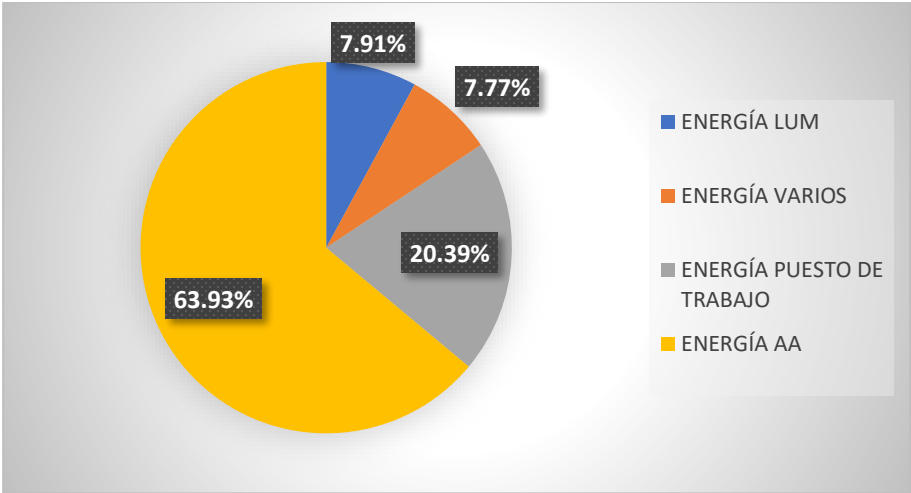


FIGURA 16: APORTE AL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA ALCALDÍA DE GUAZAPA

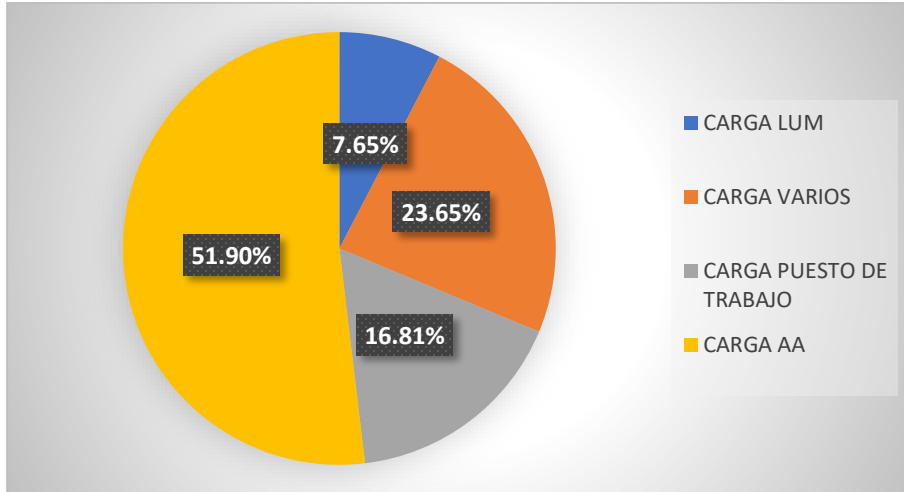


FIGURA 17: DISTRIBUCIÓN DEL TIPO DE CARGA DE LA ALCALDÍA DE SENSUNTEPEQUE

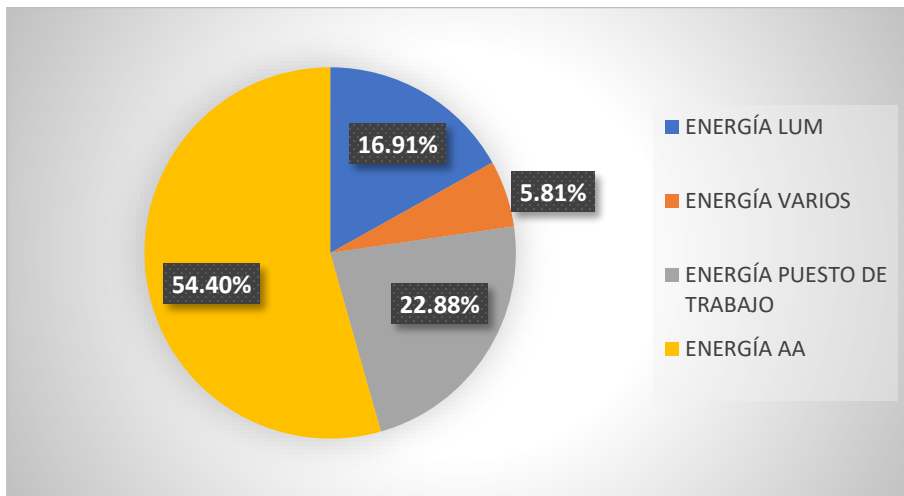


FIGURA 18: APOORTE AL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA ALCALDÍA DE SENSUNTEPEQUE

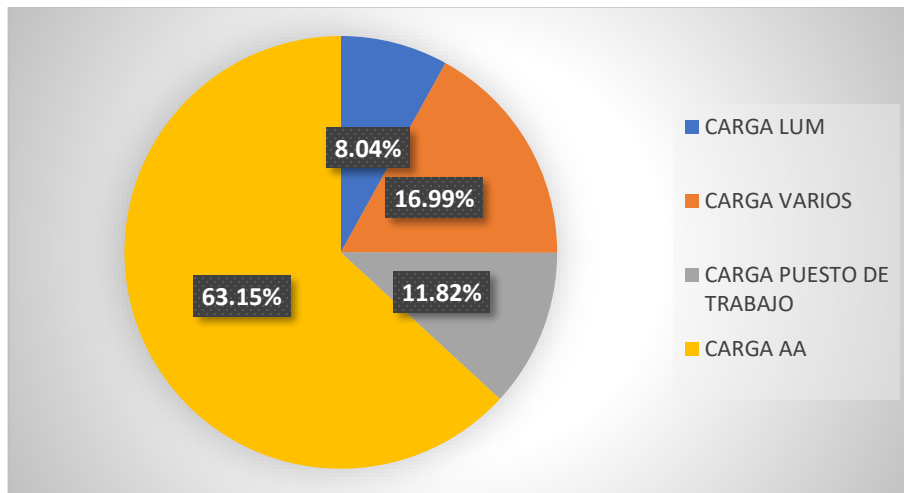


FIGURA 19: DISTRIBUCIÓN DEL TIPO DE CARGA DE LA ALCALDÍA DE VERAPAZ

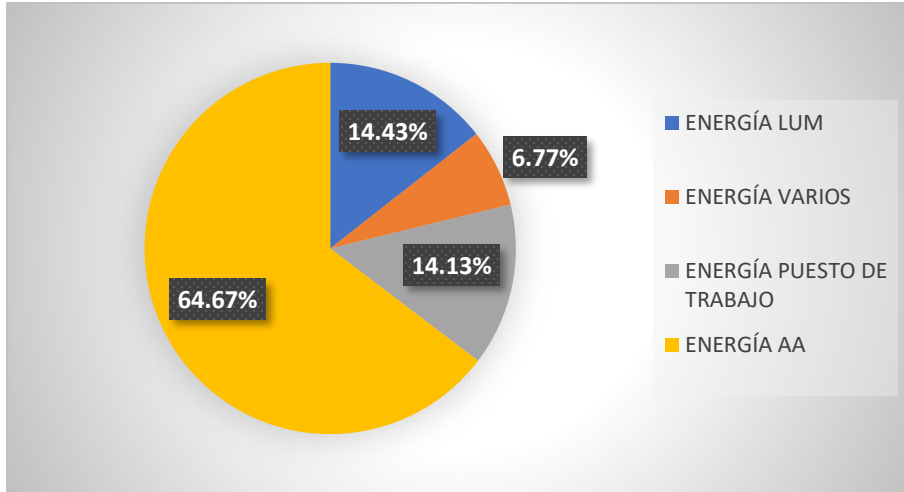


FIGURA 20: APOORTE AL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA ALCALDÍA DE VERAPAZ

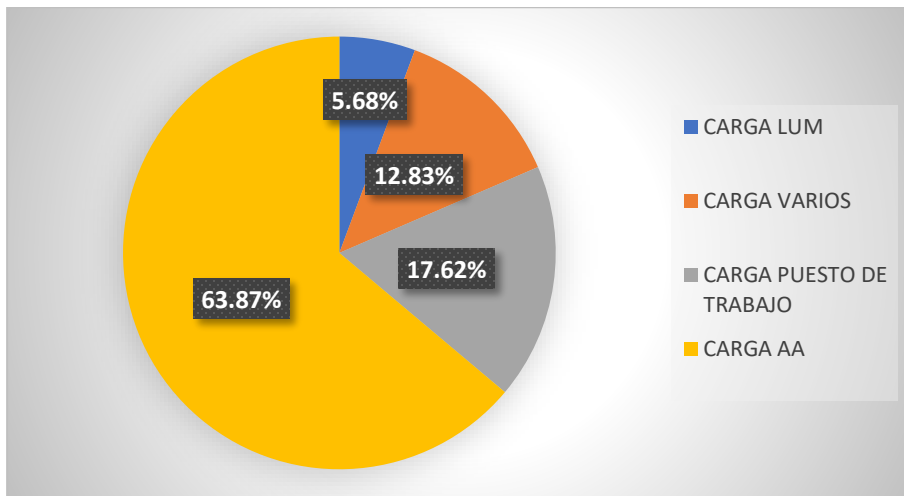


FIGURA 21: DISTRIBUCIÓN DEL TIPO DE CARGA DE LA ALCALDÍA DE SAN MARTÍN

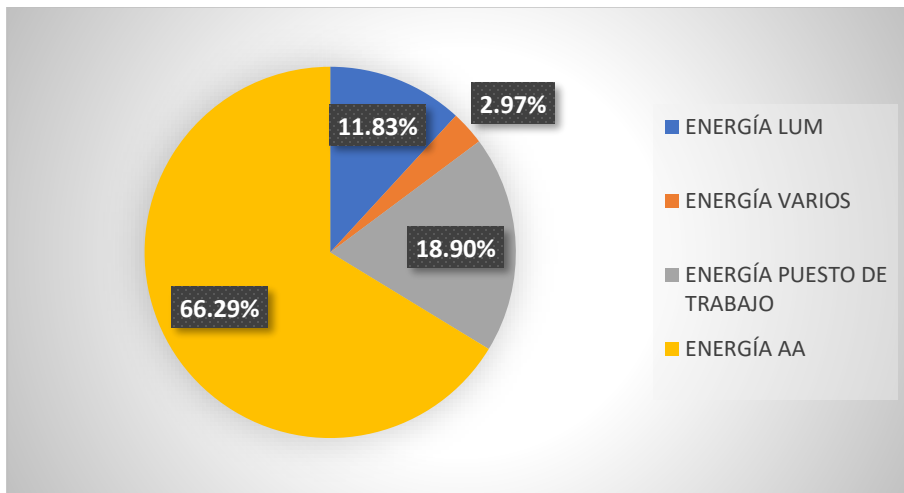


FIGURA 22: APOORTE AL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA ALCALDÍA DE SAN MARTÍN



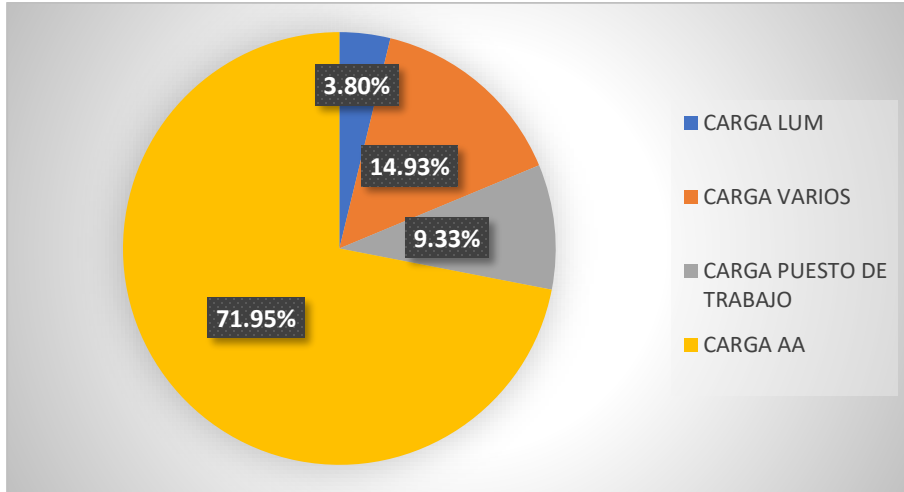


FIGURA 23: DISTRIBUCIÓN DEL TIPO DE CARGA DE LA ALCALDÍA DE TEJUTLA

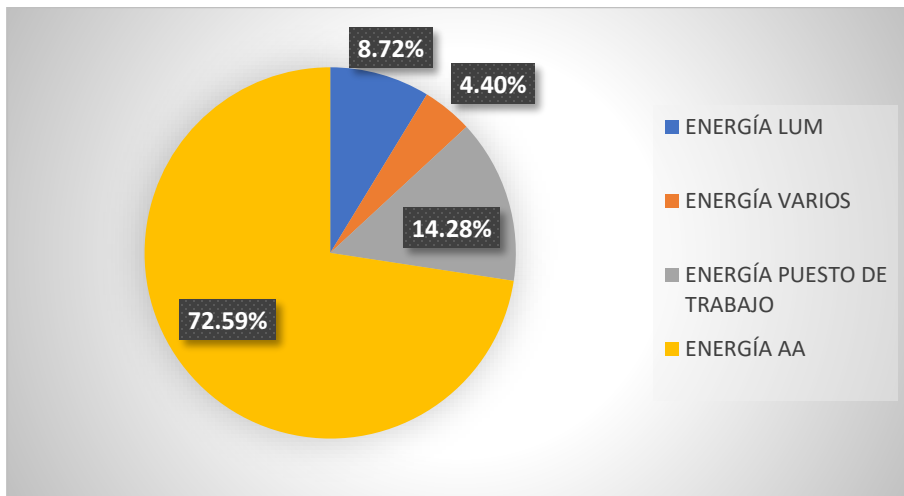


FIGURA 24: APORTE AL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA ALCALDÍA DE TEJUTLA

En la Figura 25 de carga instalada se puede observar que el 62.78% de la carga total corresponde a aire acondicionado, siendo así la carga más significativa, en cuyo caso la reducción en el consumo de dicho equipo sería el que tendría un mayor impacto.

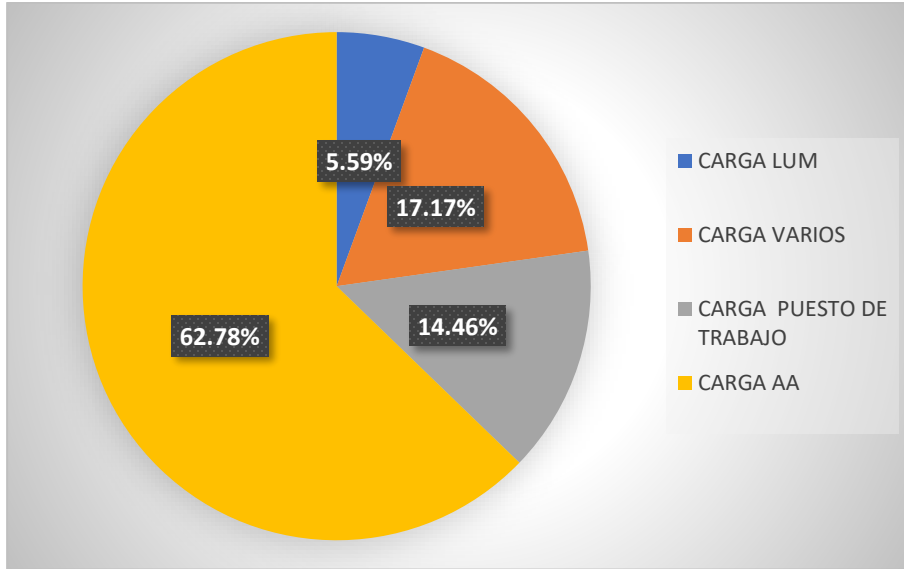


FIGURA 25: DISTRIBUCIÓN DE CARGA PROMEDIO DE ALCALDÍAS

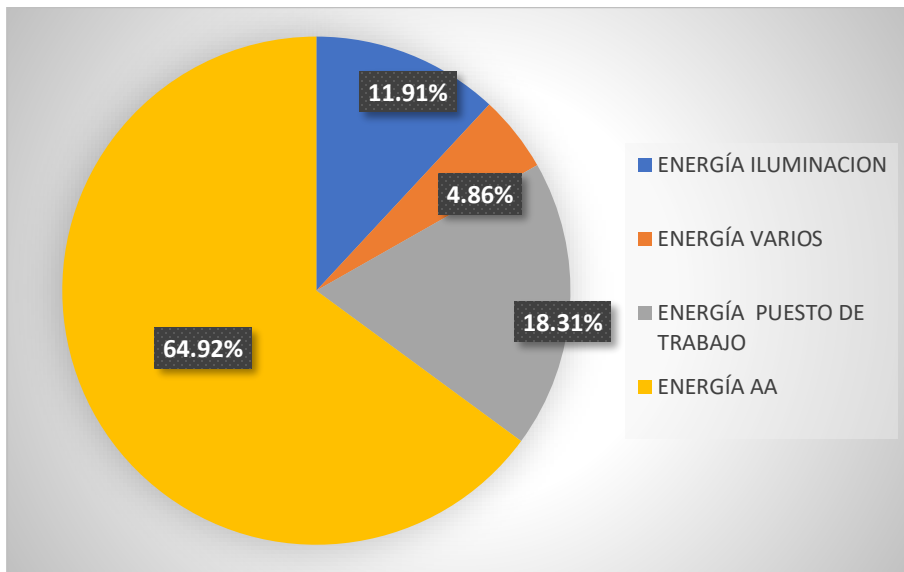


FIGURA 26: DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA PROMEDIO DE ALCALDÍAS

En la Figura 25 y Figura 26 anteriores resaltan los tipos de carga que más impactan en el consumo de energía de los edificios municipales, una reducción en el consumo de aire acondicionado tendría un impacto considerable en el consumo total de la edificación.

La potencia demandada y el consumo energético están relacionadas con el tamaño de los edificios administrativos municipales, los datos recolectados muestran que el

edificio más grande es el de la Alcaldía de San Martín con un área total estimada de 1587.90m<sup>2</sup>, para el resto de las alcaldías el área total ronda entre los 700 m<sup>2</sup> a 900 m<sup>2</sup>.

Otra variable que afecta directamente el consumo energético es la cantidad de personas que habitualmente hacen uso de las instalaciones, como se vio en la Figura 27 la alcaldía con la mayor cantidad de personas es la de San Martín, seguida de la alcaldía de Guazapa (90) y Sensuntepeque (72); las alcaldías con la menor cantidad de personas son Tejutla (54) y Verapaz (26).

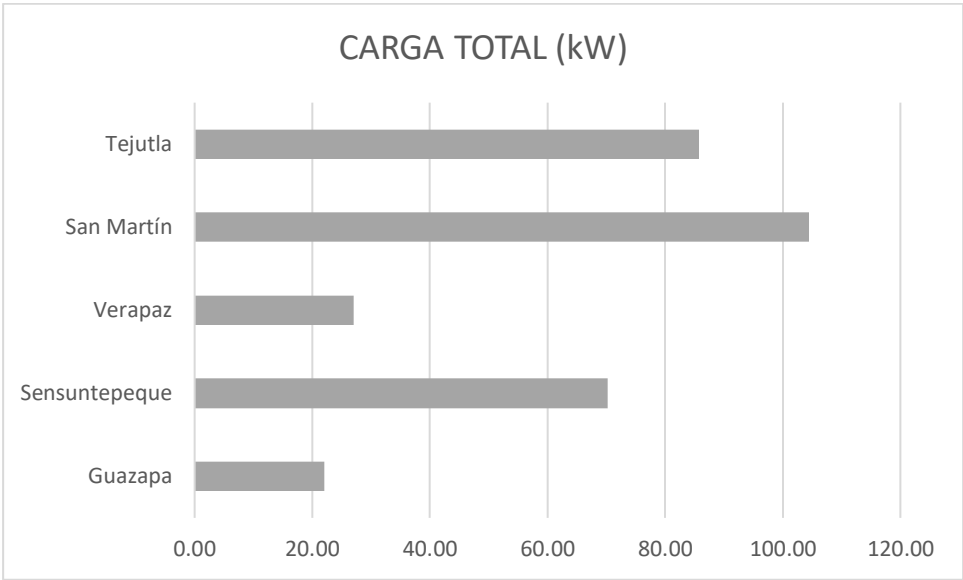


FIGURA 27: COMPARATIVA DE LA CARGA TOTAL INSTALADA DE LAS ALCALDÍAS

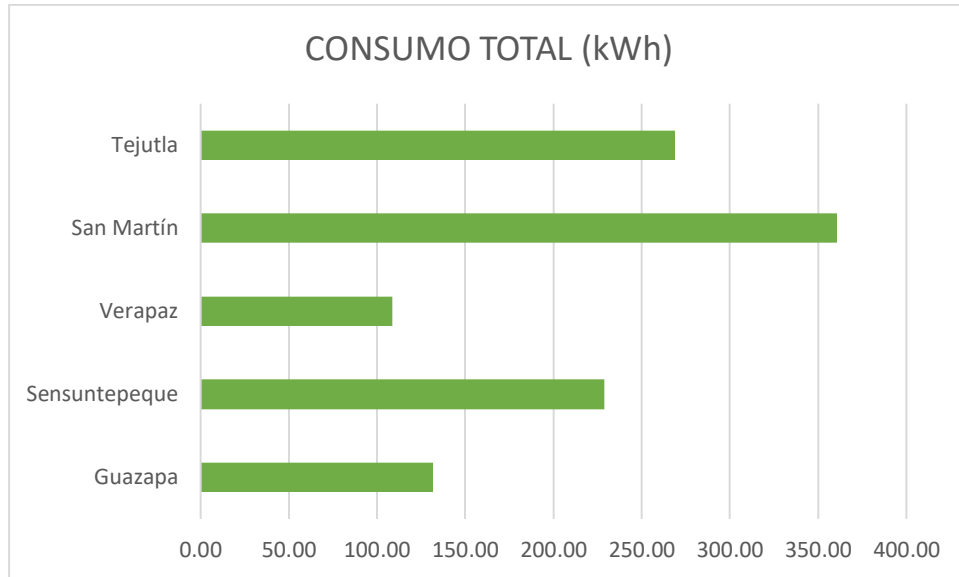


FIGURA 28: COMPARATIVA DE CONSUMO DE ENERGÍA MENSUAL DE LAS ALCALDÍAS

En las Figura 27 y Figura 28 se observa que el edificio municipal que más energía consume es el de San Martín, seguido por el edificio de Tejutla, de los cinco edificios analizados el que presenta un menor consumo es el del Verapaz. El caso de Tejutla resalta sobre los demás, pese a ser el uno de los edificios con menos cantidad de personas es el que tiene mayor carga instalada y más energía consumida, solo por detrás de San Martín.

En la Figura 29 se presenta una comparación entre el consumo de energía anual, contra la estimación de consumo de energía en base al levantamiento de carga realizado. Al observar la Figura 29 se puede apreciar que los valores estimados anuales son ligeramente superiores a los valores medidos provenientes del registro histórico.

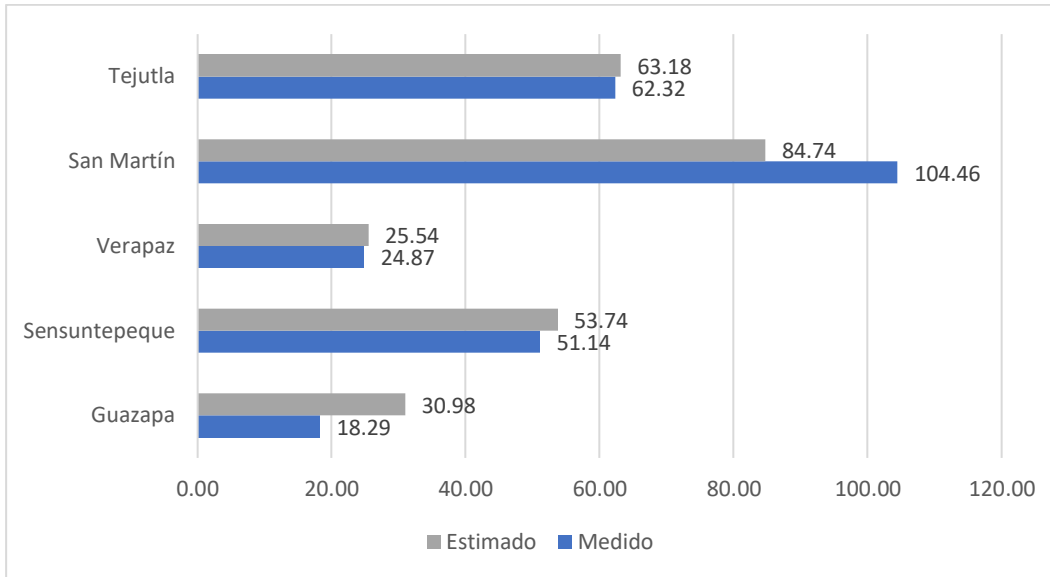


FIGURA 29: COMPARATIVA DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ANUAL (GWh)

Existen dos casos excepcionales, los cuales son la alcaldía de Guazapa y de San Martín que presentan discrepancias entre los valores estimados. Debido a que las demás alcaldías tienen valores aproximados muy acertados y que el levantamiento identifico todas las cargas dentro de las instalaciones de las alcaldías, se considerara la energía estimada para los cálculos subsecuentes.

### 3.2 EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

A partir de los datos de consumo de energía mostrados en el literal anterior se pueden estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> de las alcaldías, utilizando el software RETScreen se obtiene un factor de 0.262kgCO<sub>2</sub>/kWh emisiones para la electricidad en El Salvador, se construye el gráfico mostrado en la Figura 30, las emisiones son proporcionales al consumo eléctrico.

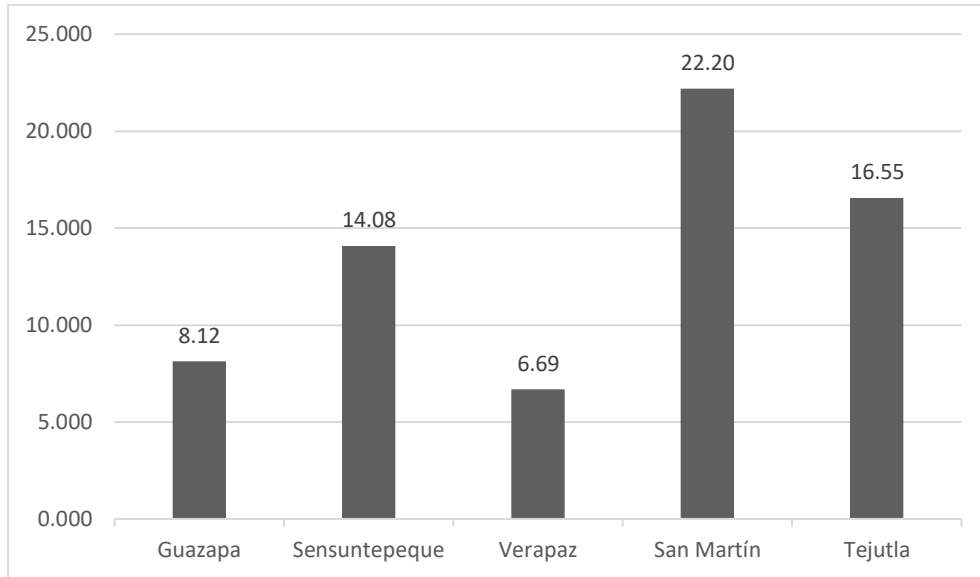


FIGURA 30: ESTIMACIÓN DE EMISIÓN DE TONELADAS DE CO<sub>2</sub> DE LAS ALCALDÍAS

Gracias a los datos recopilados en investigación previa se puede trazar una curva con el registro histórico de emisiones en toneladas de CO<sub>2</sub>, en la Figura 31 se observan las emisiones de CO<sub>2</sub> de los edificios municipales en el periodo de tiempo del 2019 al 2022.

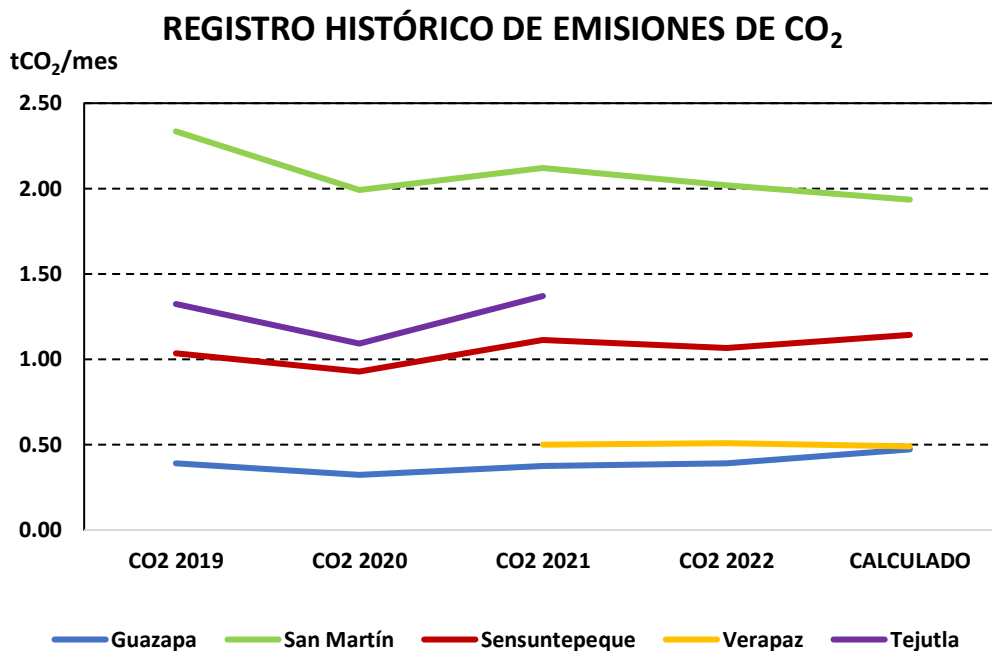


FIGURA 31: GRÁFICA COMPARATIVA DE EMISIONES HISTÓRICAS DE CO<sub>2</sub>

### 3.3 IDE DE LOS EDIFICIOS MUNICIPALES

Para analizar el desempeño energético de los edificios municipales que forman parte del estudio se definen los siguientes indicadores:

- Densidad de Energía Consumida (DEC): es la proporción entre la cantidad de energía eléctrica que se consume en el edificio durante un año y el área total de la edificación, se mide en kWh/m<sup>2</sup>.
- Energía Consumida por Persona (ECP): es la proporción entre la cantidad de energía eléctrica que se consume en el edificio durante un año y el número promedio de personas que utilizan las instalaciones durante un día típico, se mide en kWh/persona.
- Densidad de Emisiones de dióxido de carbono (DECO<sub>2</sub>): es la proporción entre la cantidad total de emisiones de dióxido de carbono producto del consumo de electricidad del edificio durante un año y el área total de la edificación, se mide en kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.
- Emisiones de dióxido de carbono por persona (ECO<sub>2</sub>P): es la proporción entre la cantidad total de emisiones de dióxido de carbono producto del consumo de electricidad del edificio durante un año y el número promedio de personas que utilizan las instalaciones durante un día típico, se mide en kgCO<sub>2</sub>/persona.

Estos indicadores se resumen de la Figura 32 a la Figura 35, en las que se presentan los IDE correspondientes a las alcaldías municipales en orden: primero DEC, ECP, DECO<sub>2</sub>, ECO<sub>2</sub>P. En las que se puede observar que, para relaciones con respecto al área, las alcaldías con los valores mayores corresponden a las alcaldías de Sensuntepeque y Tejutla; y en el caso de la comparativa con respecto a la cantidad de personal las alcaldías con mayor valor son Tejutla y Verapaz ya que son las alcaldías que cuentan con menor cantidad de personal.

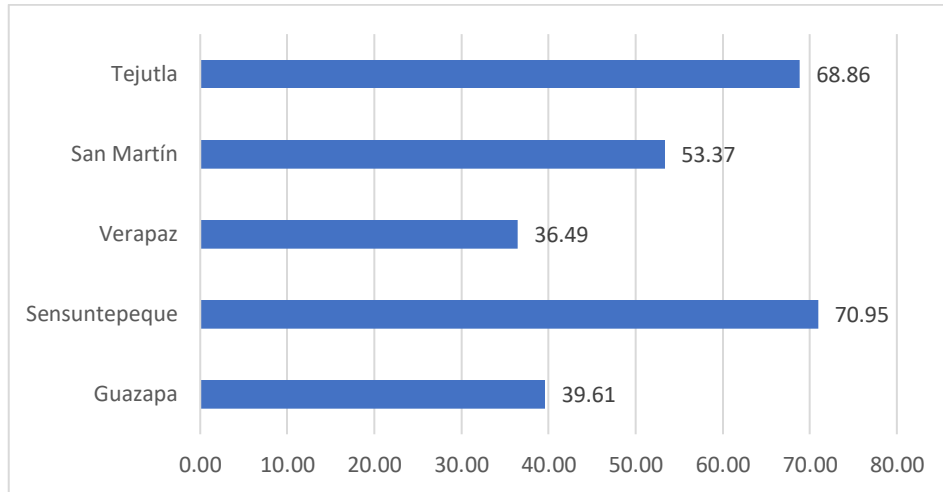


FIGURA 32: IDE ANUAL DE ENERGÍA CONSUMIDA POR ÁREA (kWh/m²)

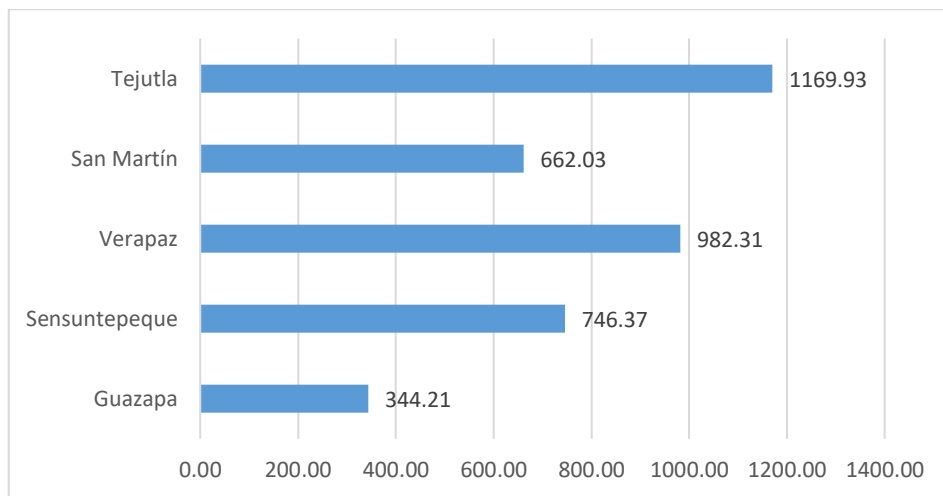


FIGURA 33: IDE ANUAL DE ENERGÍA CONSUMIDA POR PERSONAS (kWh/persona)

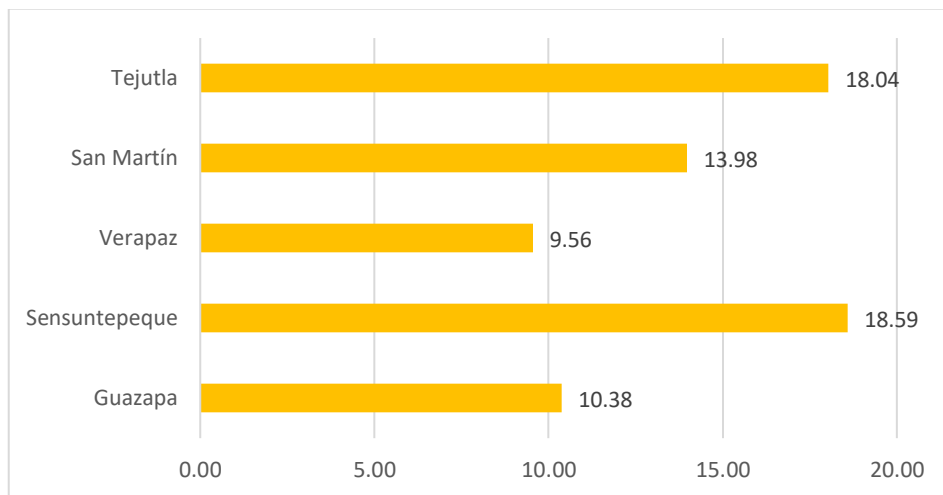


FIGURA 34: IDE ANUAL DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR ÁREA (kgCO<sub>2</sub>/m²)



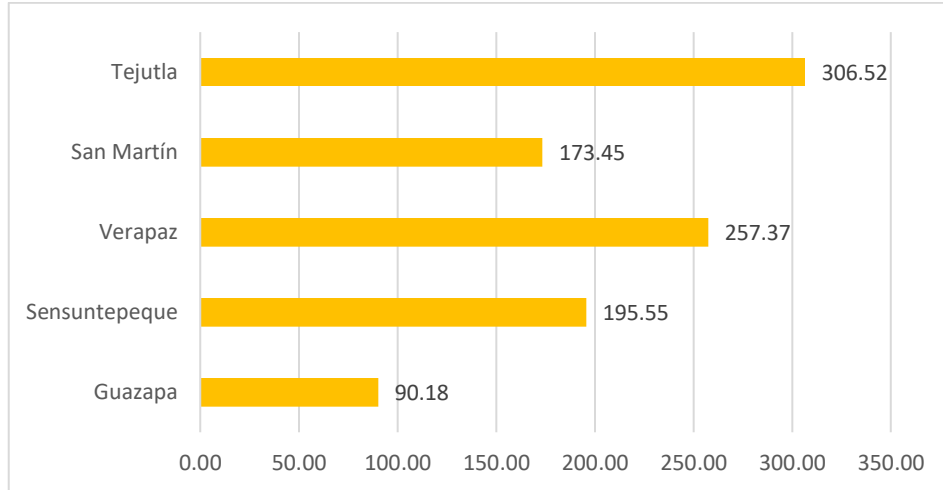


FIGURA 35: IDE ANUAL DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR PERSONAS (kgCO<sub>2</sub>/persona)

Para comparar los IDE entre los edificios se considera el área como una variable más significativa ya que la cantidad de personal es más susceptible a cambios a lo largo del tiempo. En la Figura 36 se puede observar un incremento de los IDE, sobre todo en el de kgCO<sub>2</sub> debido al incremento del factor de emisiones de efectos de gases invernadero de El Salvador.

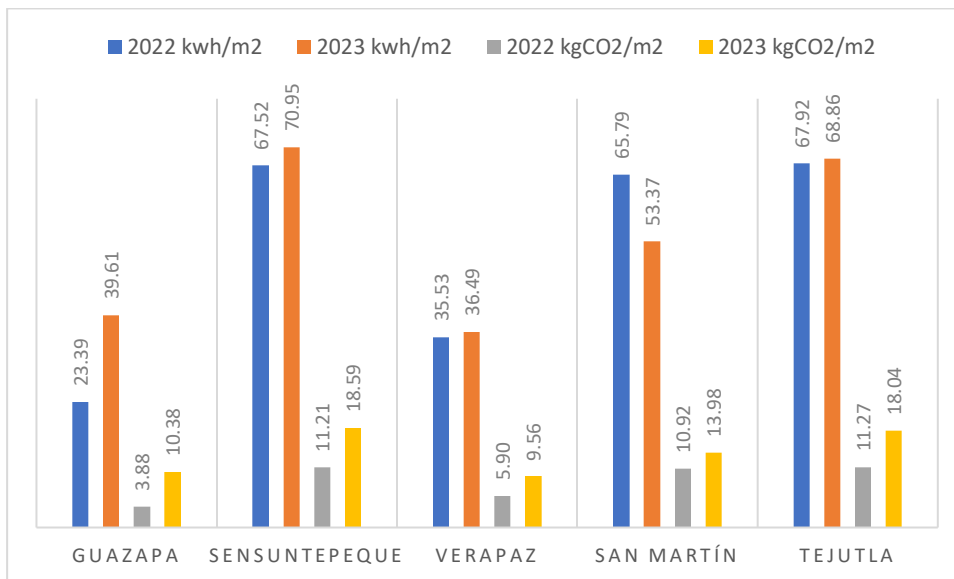


FIGURA 36: COMPARATIVA ENTRE IDE 2022 Y 2023

## **CAPÍTULO IV. OPORTUNIDADES DE MEJORA DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO**

El enfoque óptimo para mejorar el desempeño energético en los edificios municipales conlleva la mejora de la eficiencia energética, así que para reducir el consumo de energía de los edificios se deben adoptar medidas que ayuden a reducir dicho consumo, sin perjudicar las actividades diarias ni el personal ni los visitantes.

Para ello se observó que los sistemas que tienen un mayor impacto en el consumo de energía son: los sistemas de iluminación y sobre todo en los sistemas de aire acondicionado. Para obtener los mejores resultados estos deberían contar con un mantenimiento regular, ser instalados según las condiciones del fabricante y siguiendo los pasos de las normativas correspondientes.

En el caso específico del sistema de iluminación se deberían proponer alternativas que ayuden a tener un aporte mayor de iluminación natural y cambiar las luminarias a tecnología LED, adicionalmente se propone la instalación de sensores de función dual con fotosensor, sensores que cuentan con detección de movimiento y presencia, que solo encenderán cuando la iluminación natural baje de un umbral específico.

El diseño de circuitos de luces debería incluir al menos dos escenas de luz, en las que se considera tener al menos el 40 % del total de luxes alcanzados con todas las luminarias encendidas. Con esto los empleados tendrán la alternativa de tener espacios con una iluminación adecuada al trabajo y ayuda a la reducción del consumo de energía.

Los sistemas informáticos, tanto las computadoras de los espacios de trabajo, como el servidor interno de los edificios municipales son cargas fijas que tienen un

consumo prácticamente constante. Para reducir el consumo de dichos equipos estos se deberían programar en un régimen de consumo eficiente, siempre que sea posible, o implementar equipos de alta eficiencia.

Y se propone impartir cursos de concientización sobre el uso eficiente de la energía, comenzando primero con el personal de las alcaldías y extendiéndolos luego al público. También se contempla elaborar un diagrama unifilar exhaustivo para instalar un sistema de gestión de energía. Este diagrama servirá para identificar puntos de interés estratégicos para la instalación de sensores adicionales, permitiendo un monitoreo más preciso y una gestión más efectiva del consumo de energía en las instalaciones municipales.

El sistema que tendrá mayor impacto es el de aire acondicionado, ya que es el que presenta más consumo de energía y ninguno de los edificios municipales visitado tenía un sistema de aislamiento térmico, por lo que los edificios tienen puntos donde hay fugas térmicas y los equipos de aire acondicionado trabajan más tiempo del necesario.

#### **4.1 OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EDIFICIOS MUNICIPALES**

Las paredes, pisos y techos sin tratamiento térmico conllevan a pérdidas de energía, para mitigar las pérdidas estos elementos deben recibir un tratamiento térmico, por lo menos la envolvente del edificio.

Otro punto importante para solventar este problema es cambiar las ventanas celosía permiten haya un flujo de aire entre el interior y el exterior por lo que se deberían cambiar por ventanas de cámara de vacío, que ofrecen un buen nivel de aislamiento y permiten el ingreso de luz natural.

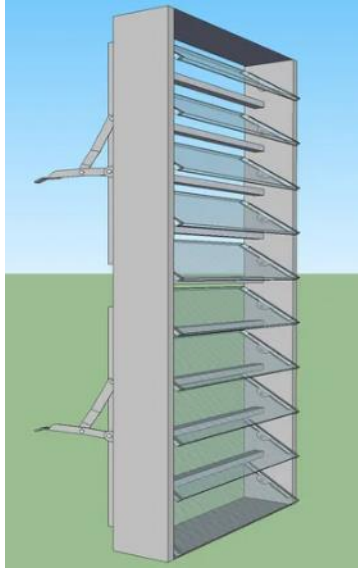


FIGURA 37: REFERENCIA DE VENTANAS DE CELOSÍA

El sistema de aislamiento que se propone implementar es el sistema SATE ya que, si se instala en exteriores, se puede reducir el consumo de energía hasta un 30% del total de energía consumido, dependiendo de las instalaciones existentes, según un proveedor local. Este porcentaje de ahorro energético se puso a prueba utilizando el módulo de CYPETHERM HE Plus para el cálculo de la demanda energética por el sistema de aire acondicionado, el flujo de trabajo fue el siguiente:

- Se desarrolla un modelo arquitectónico representativo de los edificios municipales
- Se abre CYPETHERM HE Plus y se carga el modelo arquitectónico en formato IFC, se importa el archivo de clima que utilizará el software (en este caso se utilizó el Ilopango)
- En CYPETHERM HE Plus se definen las características térmicas de los materiales constructivos y se agregan los sistemas de aires acondicionados. El programa tiene un apartado para realizar el cálculo de indicadores energéticos (el software utiliza Energy Plus como motor de cálculo)
- Desde el programa se pueden importar materiales que los proveedores incluyen en librerías para analizar el desempeño de los mismos, para el caso particular de la simulación se agregó 10cm de Grafipol TR-SATE de Grupo

Valero como aislamiento exterior en todas paredes y 5cm de EPS directamente en la parte interior de la losa del techo

- Se exportan hacia CYPETHERM Improvement Plus dos archivos: uno con la condición actual de la edificación y otra considerando el aislamiento térmico.

Los resultados muestran en la Figura 38, el consumo de energía primaria pasa de  $63.61\text{kWh/m}^2$  a  $50.82\text{kWh/m}^2$ , esto representa una disminución del 20% de la cantidad de energía que se consume por metro cuadrado.

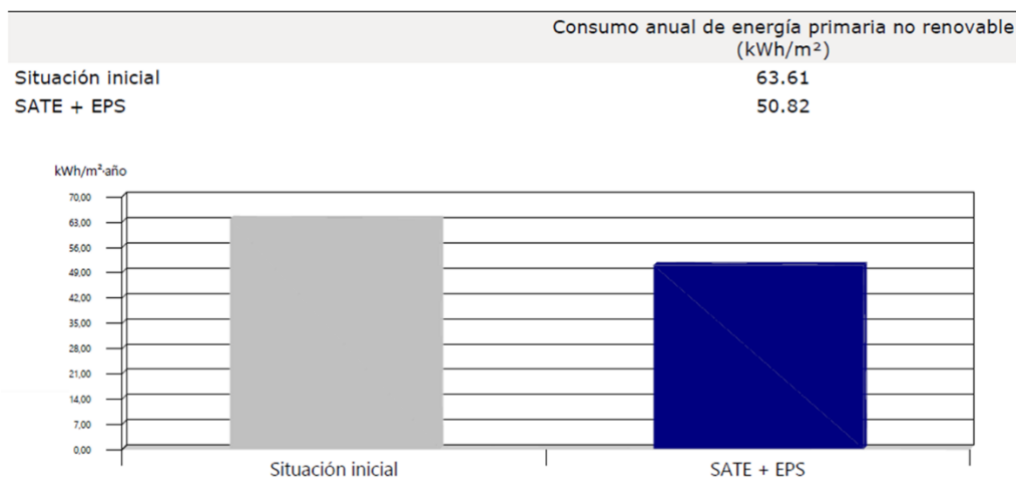


FIGURA 38: IDES DE REMODELACIÓN DE UN LOCAL DE EJEMPLO CYPETHERM PLUS SITUACIÓN ACTUAL CONTRA IMPLEMENTACIÓN DE SATE + EPS

En el caso específico del consumo de energía en refrigeración el consumo inicial de energía es de  $43.10\text{kWh/m}^2$  y luego de aplicar el aislamiento se reduce a  $30.31\text{kWh/m}^2$ ; esto representa una reducción del 29.67%. Este valor coincide con el propuesto por proveedores locales, por lo que, para aplicar estos métodos, se considerará una disminución del 25% en el consumo de energía eléctrica en los sistemas de aire acondicionado.

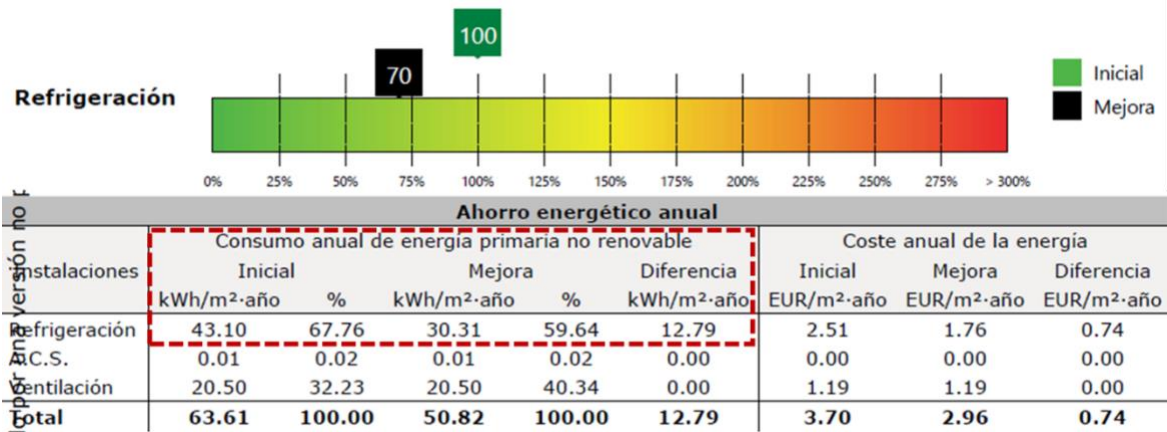


FIGURA 39: COMPARATIVA DEL CONSUMO DE ENERGÍA (kWh/m<sup>2</sup>) EN CONDICION ACTUAL Y APLICANDO AISLAMIENTO TERMICO EN PAREDES Y TECCHOS

## 4.2 ESTIMACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA AJUSTADO

Se calcula nuevamente el consumo de energía de las instalaciones bajo la suposición que los edificios municipales no han cambiado su carga instalada y se realizó el tratamiento térmico necesario para reducir el consumo de energía del sistema de aire en un 25%.

Teniendo eso en cuenta, de la Figura 40 a la Figura 44, se muestran los nuevos porcentajes de consumo de energía según el tipo de carga para cada uno de los edificios municipales.

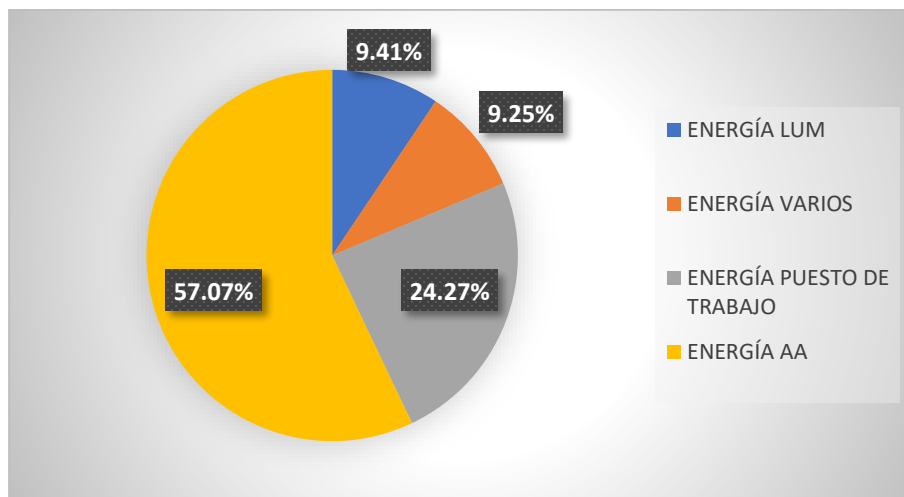


FIGURA 40: APORTE AL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA ALCALDÍA DE GUAZAPA

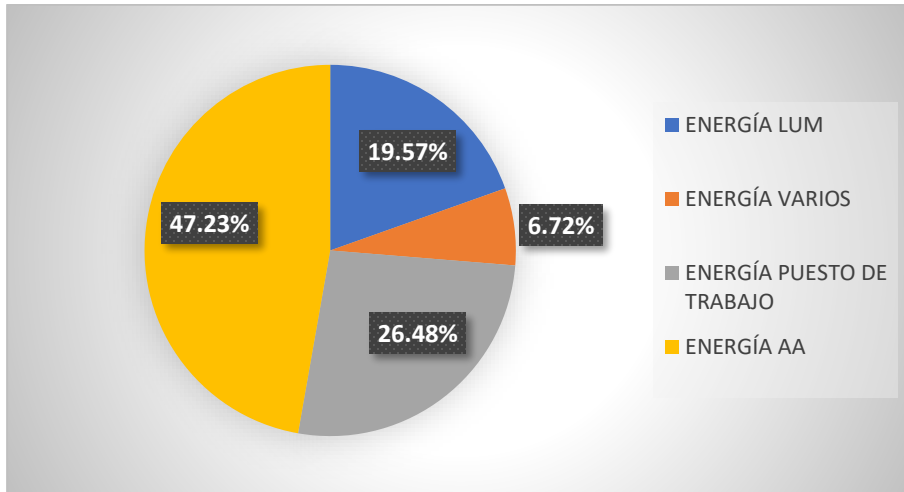


FIGURA 41: APOORTE AL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA ALCALDÍA DE SENSUNTEPEQUE

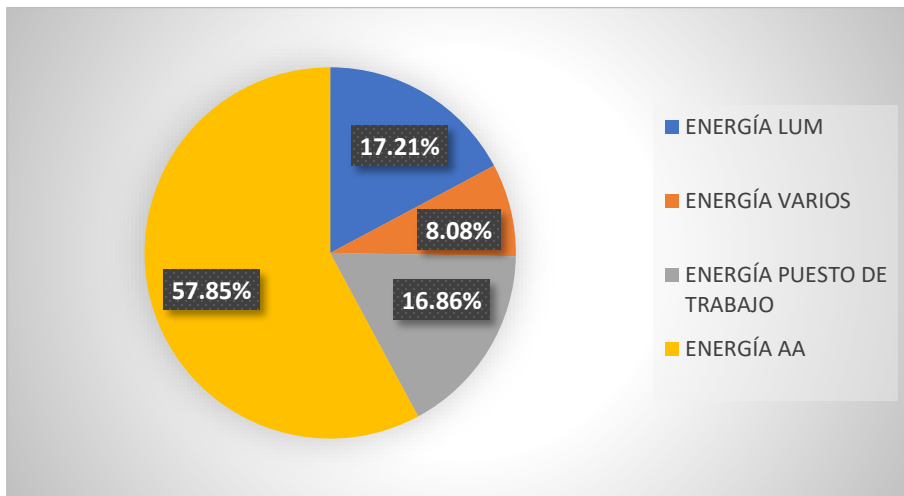


FIGURA 42: APOORTE AL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA ALCALDÍA DE VERAPAZ

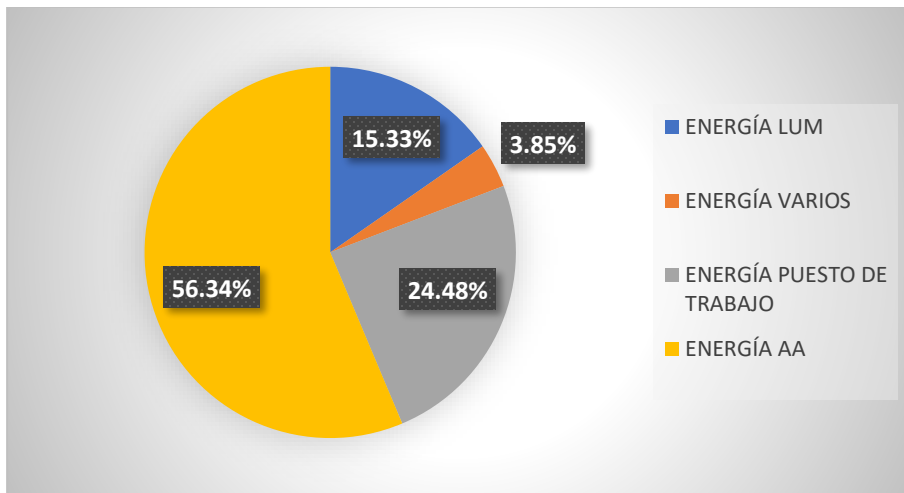


FIGURA 43: APOORTE AL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA ALCALDÍA DE SAN MARTÍN

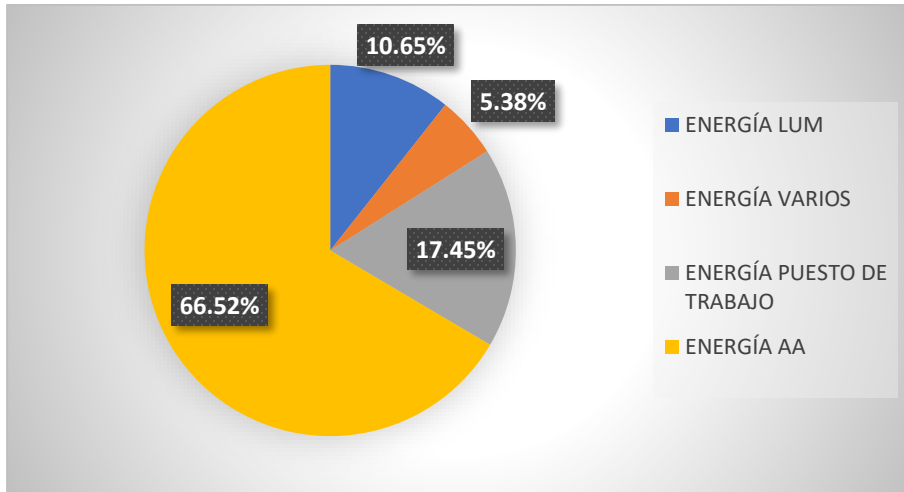


FIGURA 44: APOORTE AL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA ALCALDÍA DE TEJUTLA

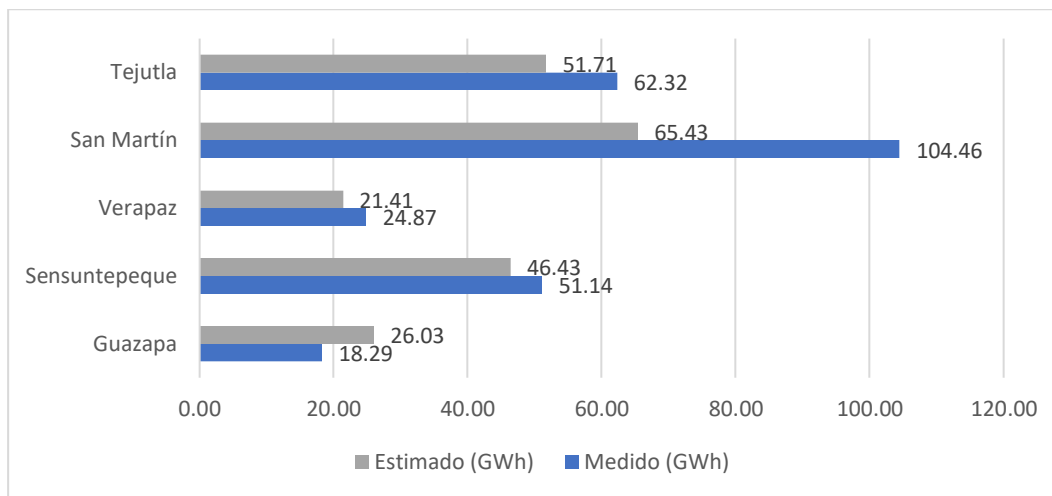


FIGURA 45: COMPARATIVA EN CONSUMO DE ENERGÍA ESTIMADO CONTRA MEDIDO

Al comparar la estimación de energía con la situación actual con respecto a la modificada se obtiene una reducción promedio del consumo de energía del 19.37% y en la Figura 45 se observa la mejora con respecto a la medición. Para la alcaldía de Sensuntepeque 9.21%, Verapaz 13.90%, San Martín 37.37% y Tejutla 17.02% de ahorro de energía en comparación.



### 4.3 INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO

Los IDE de la nueva estimación comparando energía y emisiones contra área y personal, de la Figura 46 a la Figura 49 se muestran los indicadores proyectados. Siguiendo la línea de desarrollo que se lleva en '3.3 IDE de los edificios municipales' se comparan los indicadores medidos con respecto a los indicadores que relacionan el área en la **Error! Reference source not found.**

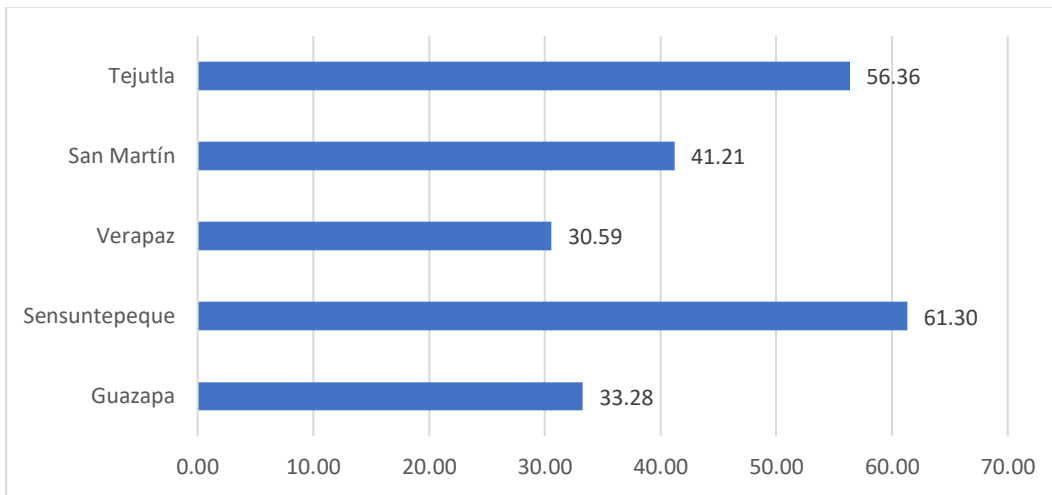


FIGURA 46: IDE ANUAL DE ENERGÍA CONSUMIDA POR ÁREA (kWh/m²)

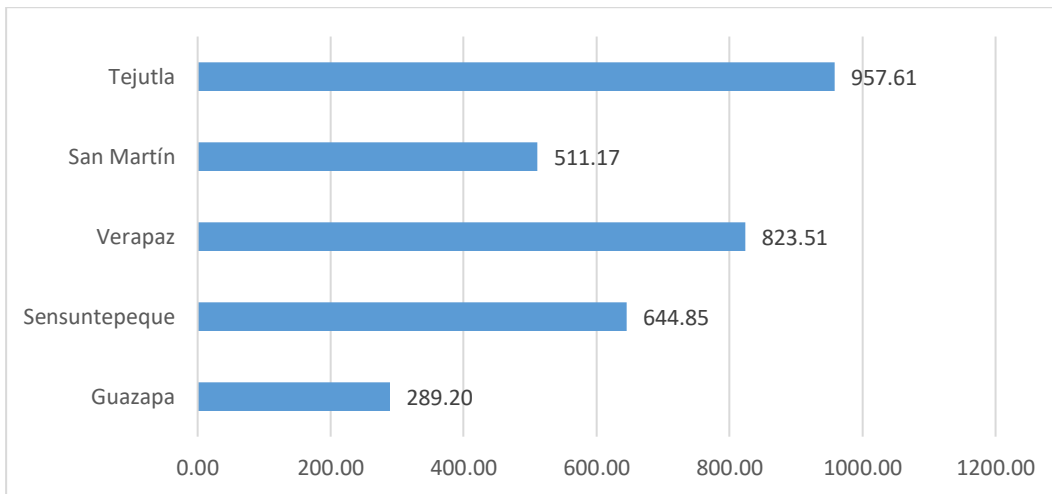


FIGURA 47: IDE ANUAL DE ENERGÍA CONSUMIDA POR PERSONAS (kWh/persona)

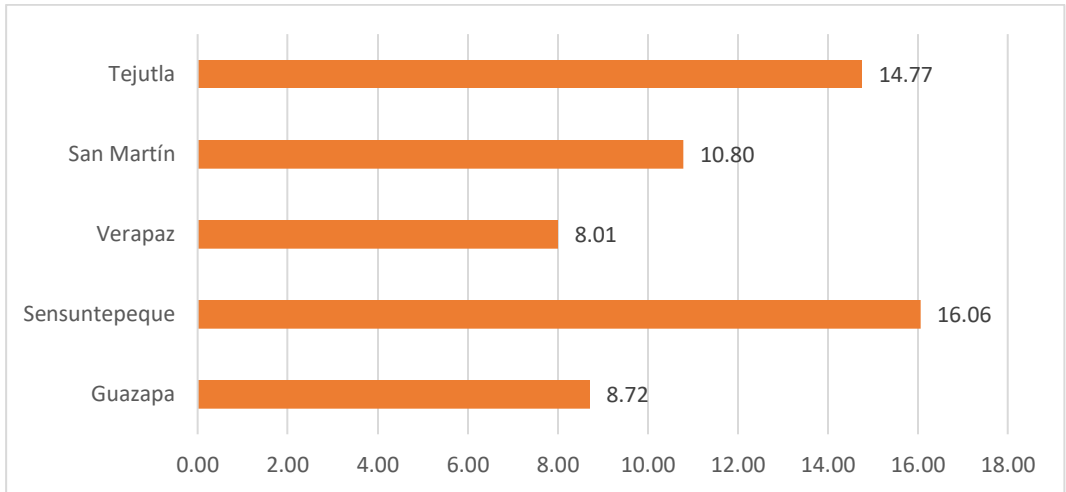


FIGURA 48: IDE ANUAL DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR ÁREA (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)

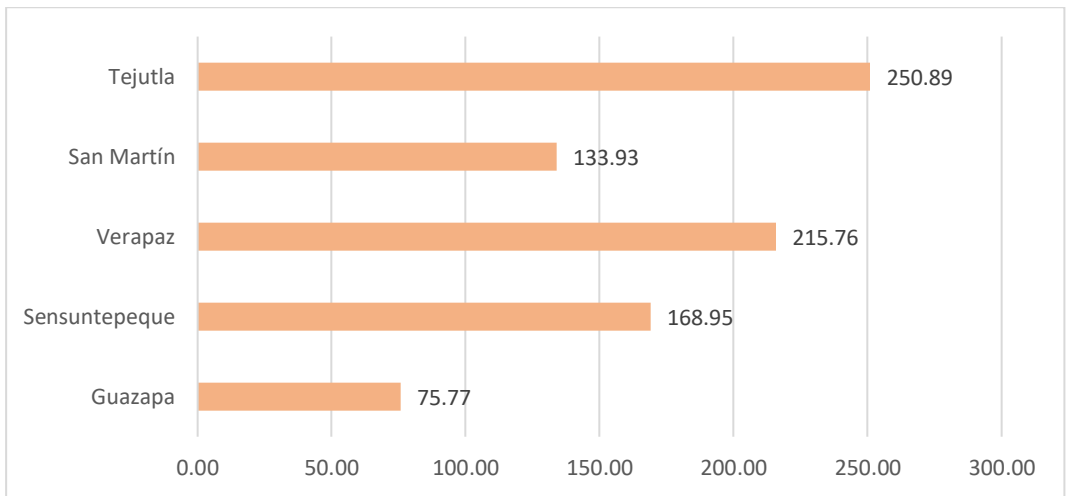


FIGURA 49: IDE ANUAL DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR PERSONAS (kgCO<sub>2</sub>/persona)

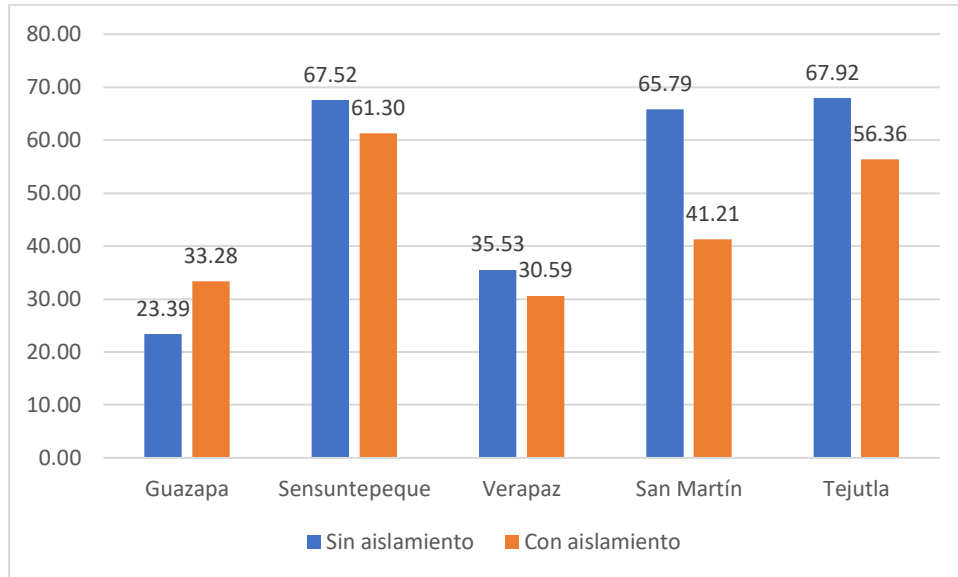


FIGURA 50. COMPARATIVA ENTRE INDICADORES DE ENERGÍA CONTRA AREA (kWh/m<sup>2</sup>)

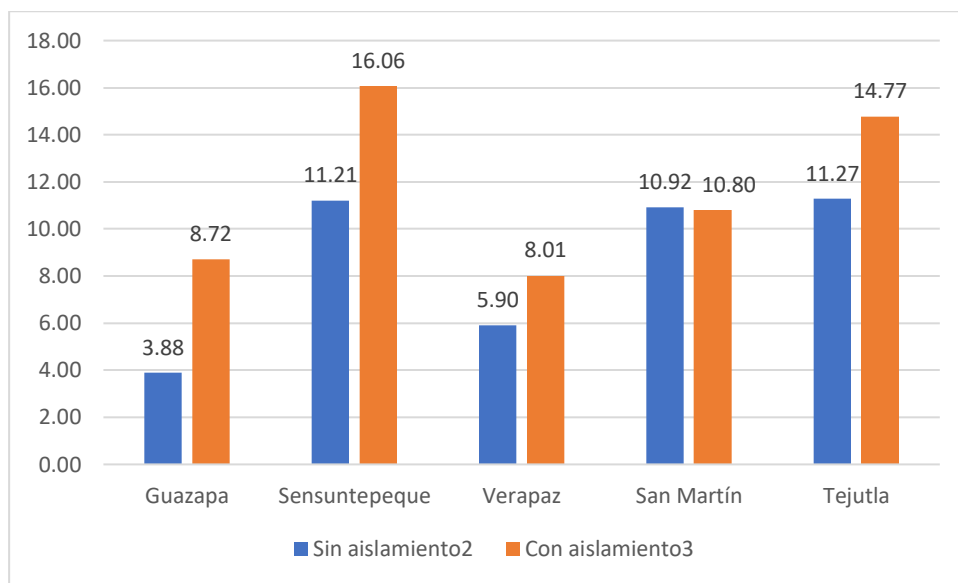


FIGURA 51. COMPARATIVA ENTRE INDICADORES DE EMISIONES CONTRA AREA (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)

Se puede apreciar como en todos los casos todos los indicadores mejoraron con respecto al caso base. Se debe resaltar que en los casos particulares de la alcaldía de Guazapa en la que se nota un aumento en el consumo con respecto a su caso base, como en el caso de la alcaldía de San Martín que tiene una mejora muy superior.

## CONCLUSIONES

Se realizó la estimación del consumo de energía utilizando como referencia histórica el estudio anterior "Línea de Consumo Base de Electricidad en Edificios Administrativos Municipales en El Salvador". Este estudio previo facilitó la comparación y determinación del ahorro de energía que se podría lograr una vez que se implementen las medidas propuestas en el presente análisis.

Las estimaciones basadas en los datos recolectados revelan que, en promedio, el 62.78% del consumo total de energía eléctrica en las alcaldías corresponde a cargas de aire acondicionado, un 5.59% se destina a la iluminación, mientras que un 14.46% se utiliza para equipos como computadoras en puestos de trabajo y el restante 17.17% se distribuye en diversos equipos y electrodomésticos.

Se obtuvo del software RETScreen el factor de emisiones de gases de efecto invernadero, que, junto con los datos recopilados, permitió estimar las emisiones de dióxido de carbono anual de cada una de las alcaldías estudiadas. De las cinco alcaldías analizadas, se observa que, la alcaldía de San Martín presenta la mayor cantidad de emisiones, alcanzando 22.20 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales, seguida de la alcaldía de Tejutla, que registra 16.55 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales. La utilización de datos recopilados de estudios anteriores permite visualizar tendencias de incremento a lo largo del tiempo (Figura 43).

Los IDE (actuales) de las alcaldías de Guazapa y Verapaz son los más bajos de la muestra, con valores de 39.61 y 36.49 kWh/m<sup>2</sup> respectivamente. Esto se debe a que ambas alcaldías tienen una baja carga instalada y, como consecuencia, un bajo consumo energético. En contraste, la alcaldía de San Martín consume casi el doble que la de Sensuntepeque y también duplica su área, explicando que ambos indicadores tengan valores cercanos y la alcaldía de Tejutla presenta el IDE más alto, indicando que la proporción de energía que consume por metro cuadrado es la más elevada en comparación con las demás alcaldías estudiadas.

Las propuestas presentadas se centran en mejorar la eficiencia energética de los edificios municipales, buscando no perjudicar a los ocupantes. Se llevó a cabo un análisis exhaustivo del tratamiento térmico de los edificios, ya que se identificó que este aspecto tendría el mayor impacto en el consumo energético. Además, este enfoque permite un diseño posterior que cumpla con los requisitos propuestos, asegurando una mejora significativa en la eficiencia.

## REFERENCIAS

Cartagena Portillo, J. P. (2012, octubre). *Eficiencia energética en los edificios de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador (tesis)*.

Ciudad Universitaria;

[https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2046/1/Eficiencia\\_energ%C3%A9tica\\_en\\_los\\_edificios\\_de\\_la\\_Facultad\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_y\\_Arquitectura\\_de\\_la\\_Universidad\\_de\\_El\\_Salvador.pdf](https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2046/1/Eficiencia_energ%C3%A9tica_en_los_edificios_de_la_Facultad_de_Ingenier%C3%ADa_y_Arquitectura_de_la_Universidad_de_El_Salvador.pdf).

CNE, GEF, & PNUD. (2017). *Dirección de Eficiencia Energética Programa de Eficiencia Energética en Edificios Públicos*. El Salvador;

<https://estadisticas.cne.gob.sv/wp-content/uploads/2017/09/manual-sobre-informe-de-diagnosticos-energticos-en-hospitales.pdf>.

CNE. (2017). *Manual de recomendaciones para el uso eficiente de la energía en el gobierno central*. El Salvador;

<https://estadisticas.cne.gob.sv/wp-content/uploads/2017/09/manual-recomendaciones-para-el-uso-eficiente-de-la-energa-en-el-gobierno.pdf>.

Cortez Martínez, K. K., González Nolasco, S. J., Guillén Ramírez, E. A., & Pereira

Peña, B. A. (2023). *Línea de consumo base de electricidad en edificios administrativos municipales en El Salvador (tesis)*. Ciudad Universitaria;

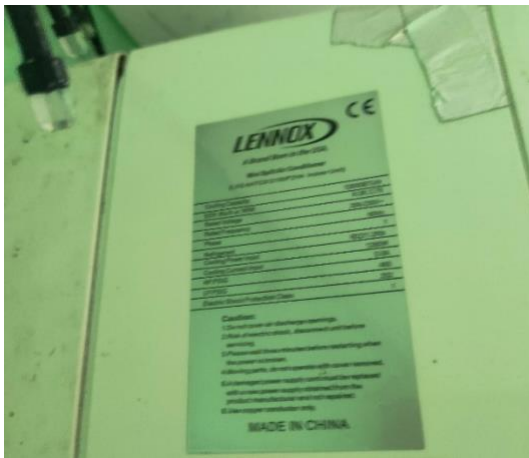
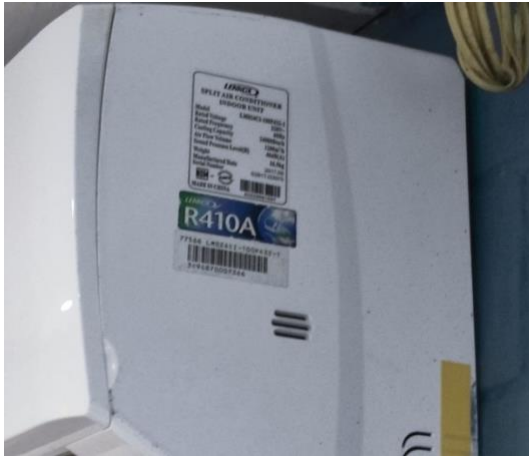
<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/30059/1/LINEA%20DE%20CONSUMO%20BASE%20DE%20ELECTRICIDAD%20EN%20EDIFICIOS%20ADMINISTRATIVOS%20MUNICIPALES%20DE%20EL%20SALVADOR.pdf>.

Promaica. (s. f.). Aislamientos térmicos - aislamientos.

<https://promaica.com/aislamientos/aislamientos-termicos.php>

# ANEXO A. MEMORIA FOTOGRÁFICA DEL LEVANTAMIENTO

Alcaldía de Guazapa

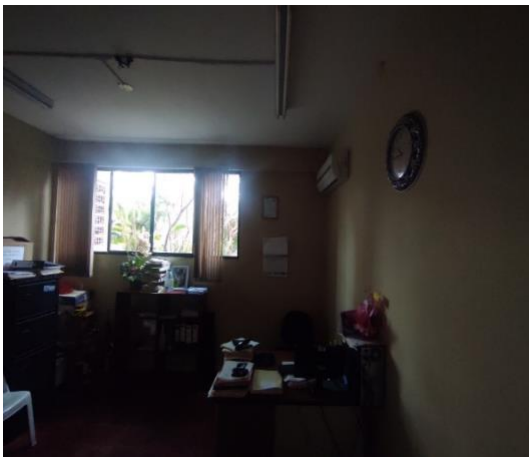








**Alcaldía de Sensuntepeque**







# Alcaldía de Verapaz





**Alcaldía de San Martín**

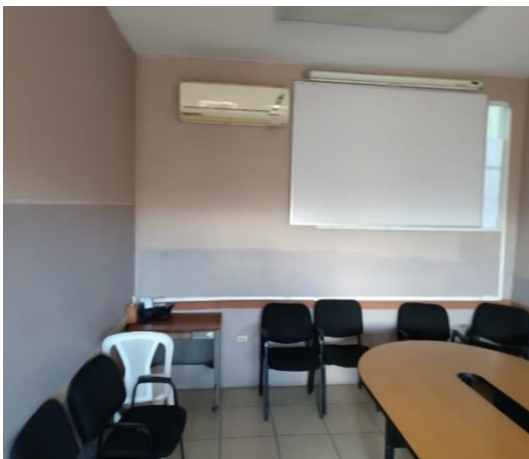










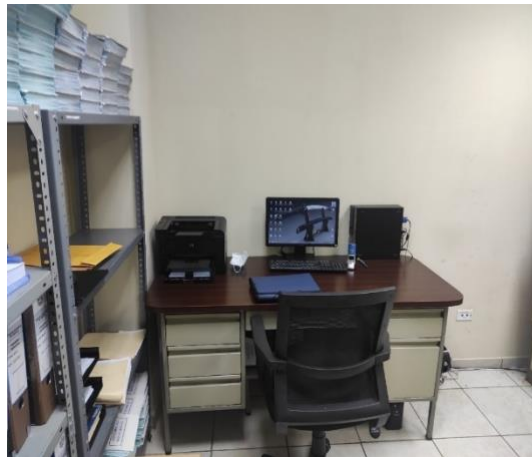




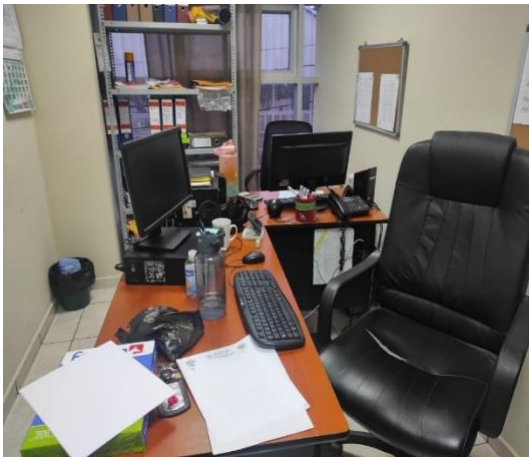
**Alcaldía de Tejutla**

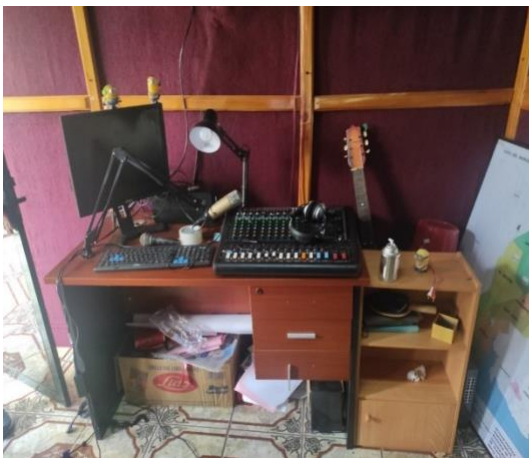
















## ANEXO B. MEMORIA DESCRIPTIVA POR ALCALDÍA

### LEVANTAMIENTO DE ALCALDÍA MUNICIPAL DE GUAZAPA

N	INSTALACIÓN	CARGA VARIA	COMP TRABJ	FOCO (30W)	FOCO (85W)	2x4 3T (54W)	OJO BUEY (5W)	FOCO ESP (45W)	AA [BTU] (W)
1	servicios generales	4	6	9					36,000 (3800)
1	secretaria	2	4	2					24,000 (3500)
1	proyectos	3	1	2					12,000 (1300)
1	Pasillo bodega	3	1	2					
1	Recursos humanos	3	1	2					24,000 (3500)
1	Bodeguero	2		2					
1	UCP	2	2	2					12,000 (1300)
1	Archivo	2	2	2					24,000 (3500)
1	Parqueo		2		3				
1	Sala de consejo	6				1	7		
1	Vigilancia	4						4	
1	Contaduría	5	3	2					24,000 (3500)
1	Fachada		1			1			12,000 (1300)
1	Oficina del alcalde	2	1	2					24,000 (3500)
1	Catastro	4	4	2					24,000 (3500)

### CONSUMO DE ENERGÍA CON CARGA INSTALADA

	CARGA LUM (W)	CARGA TOM (W)	CARGA COM (W)	AA (W)	TOTAL
<b>CARGA Total (kW):</b>	1.45	8.40	5.60	22.10	37.548
<b>CARGA CON FD (kW):</b>	1.45	6.40	5.60	15.05	28.498
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN:</b>	0.9	0.2	0.6	0.7	
<b>HORAS DIARIAS (h):</b>	8	8	8	8	
<b>ENERGÍA CONSUMIDA (kWh/día):</b>	10.43	10.24	26.88	84.28	131.8256

### CONSUMO DE ENERGÍA CON PROYECCIÓN DE REDUCCIÓN

	CARGA LUM (W)	CARGA TOM (W)	CARGA COM (W)	AA (W)	TOTAL
<b>CARGA Total (kW):</b>	1.45	8.40	5.60	22.10	37.548
<b>CARGA CON FD (kW):</b>	1.45	6.40	5.60	15.05	28.498
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN:</b>	0.9	0.2	0.6	0.35	
<b>HORAS DIARIAS (h):</b>	8	8	8	8	
<b>ENERGÍA CONSUMIDA (kWh/día):</b>	10.43	10.24	26.88	63.21	110.76

### LEVANTAMIENTO DE ALCALDÍA MUNICIPAL DE SAN MARTÍN

N	INTALACIÓN	CARGA VARIA	COMP TRABJ	FOCO LED (15W)	1x4 2T (36W)	2x4 3T (54W)	OJO BUEY (18W)	FOCO LED (40W)	AA [BTU] (W)
1	Cafetería	2	1		1				
1	UCP	2	2			6			24,000 (3500)
1	Tesorería	2	3			3			24,000 (3500)
1	Bomba de agua 2 hp								
1	Baños públicos		1			4			
1	Oficina de información	2	1			1			12,000 (1300)
1	Sala de espera	2				6			24,000 (3500)
1	Registro familiar	2	4		4				18,000 (2300)
1	USAID	2	6				2		18,000 (2300)

1	Cementerio	2	6				1		18,000 (2300)
1	Caja	2	1		1				18,000 (2300)
1	Rep. Mem.	1	1	1					18,000 (2300)
1	Cuarto IT	1	4				2		18,000 (2300)
1	Ventanillas	2	4			6			12,000 (1300)
1	Oficina	2	3				4		18,000 (2300)
1	Recepción	1	1			1			
1	Cuarto de seguridad	1	1	1					
1	Sindicatura	1	1			2			24,000 (3500)
1	Contabilidad	2	6			6			24,000 (3500)
1	Jefe contador	1	2			2			24,000 (3500)
-	fachada							22	
2	Baños			2					
2	Pasillo exterior			3					
2	Desarrollo humano	3	3			4			24,000 (3500)
2	Sala de reunión de consejo	2	1			3			24,000 (3500)
2	Azotea			2	2				
2	Parque	3					2	1	
2	Comedor	4					10		
2	Acceso Azotea					4			
2	Participación ciudadana	2	4			3			24,000 (3500)
2	Comunicación	2	3				9		24,000 (3500)

2	Pasillo interior	1					8		
2	Impresión		2		2				24,000 (3500)
2	CAM	2		1					
2	Recursos Humanos	2	4			2			24,000 (3500)
2	Secretaria	2	4		2				24,000 (3500)
2	Unidad de desarrollo urbano		6			2			24,000 (3500)
2	Unidad	1	1			2			12,000 (1300)
2	Auditoría interna	1	2		1	2			12,000 (1300)
2	Unidad de mediación	1	4			1			12,000 (1300)
2	Gerencia financiera	2	2		1	1			18,000 (2300)
2	Baños						2		
2	Gerencia general	2	2				3		24,000 (3500)
2	Despacho municipal	4	2			1			24,000 (3500)
2	Unidad judicial	2	2	1		1			
2	Despacho del alcalde	1	2				9		24,000 (3500)

### CONSUMO DE ENERGÍA CON CARGA INSTALADA

	CARGA LUM (W)	CARGA TOM (W)	CARGA COM (W)	AA (W)	TOTAL
<b>CARGA Total (kW):</b>	5.93	13.40	18.40	66.70	104.27
<b>CARGA CON FD (kW):</b>	5.93	6.7	14.20	37.35	64.177
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN:</b>	0.9	0.2	0.6	0.7	
<b>HORAS DIARIAS (h):</b>	8	8	8	8	
<b>ENERGÍA CONSUMIDA (kWh/día):</b>	42.67	10.72	68.16	209.16	330.714

## CONSUMO DE ENERGÍA CON PROYECCIÓN DE REDUCCIÓN

	CARGA LUM (W)	CARGA TOM (W)	CARGA COM (W)	AA (W)	TOTAL
<b>CARGA Total (kW):</b>	5.93	13.40	18.40	66.70	104.427
<b>CARGA CON FD (kW):</b>	5.93	6.7	14.20	37.35	64.177
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN:</b>	0.9	0.2	0.6	0.7	
<b>HORAS DIARIAS (h):</b>	8	8	8	8	
<b>ENERGÍA CONSUMIDA (kWh/día):</b>	42.67	10.72	68.16	156.87	278.42

## LEVANTAMIENTO DE ALCALDÍA MUNICIPAL DE SENSUNTEPEQUE

N	INSTALACIÓN	TOMACORRIENTE	COMPUTADORA	LUM (50W)	VENT (40W)	AA [BTU](W)
1	UNIDAD TRIBUTARIA MUNICIPAL	2	4	3	1	
1	OFICINA UNIDAD TRIBUTARIA	2	4	2	1	
1	ARCHIVO	4		8	3	
1	REGISTRO FAMILIAR	3	7	5		60,000 (5800)
1	UNIDAD CONTRAVENCIONES	2	2	1		12,000 (1300)
1	PLANIFICACION Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	2	3	2		12,000 (1300)
1	UNIDAD DE ASISTENCIA JURIDICA	2	1	2		12,000 (1300)
1	BAÑO GENERAL			1		
1	AREA DE TABLEROS	2				
1	TESORERIA	2	1	4		12,000 (1300)
1	UNIDAD COMPRAS PUBLICAS	4	4	4	2	
1	AREA INFORMATICA	4	4	3		12,000 (1300)
1	UNIDAD DE CONTABILIDAD	3	2	2		
1	AREA PROYECTO	2	2	3		
1	AREA COMUN CONTABILIDAD	4		5		
1	UNIDAD DE LA MUJER	1	1	1		

1	UNIDAD DE PARTICIPACION CIUDADANA	2	6	6	3	
1	TALLER DE COSTURAS	6	6	2		
1	BAÑO AREA TALLERES			2		
1	CLINICA Y FARMACIA	4		4		12,000 (1300)
1	SUB-GERENCIA DE DESAROLLO COMUNAL	4	2	6		12,000 (1300) 12,000 (1300) 24,000 (3500)
1	BODEGA	1		2		
1	AREA ARCHIVO	2	1	2		24,000 (3500)
2	UNIDAD DE RECURSOS HUMANOS	2	1	1		18,000 (2300)
2	AREA COMUN SEGUNDO NIVEL			1		
2	SECRETARIA RECURSOS HUMANOS	2	1	1		12,000 (1300)
2	BAÑO SEGUNDO NIVEL	1		1		
2	BODEGA SEGUNDO NIVEL			1		
2	SALA DE REUNIONES MUNICIPAL	4		8		60,000 (5800)
2	COCINA SEGUNDO NIVEL	2		2	1	
2	DESPACHO ALCALDE	4		3		32,000 (3200)
2	SALA SEGUNDO NIVEL	4	4	3	2	
2	SUB-GERENCIA	2	1	3		18,000 (2300)
2	GERENCIA GENERAL	2	1	1		12,000 (1300)
2	SINDICATURA	2	1	2		12,000 (1300)

## CONSUMO DE ENERGÍA CON CARGA INSTALADA

	CARGA LUM (W)	CARGA TOM (W)	CARGA COM (W)	AA (W)	TOTAL
<b>CARGA Total (kW):</b>	5.37	16.60	11.80	36.43	70.202
<b>CARGA CON FD (kW):</b>	5.37	8.30	10.90	22.22	46.786
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN:</b>	0.9	0.2	0.6	0.7	
<b>HORAS DIARIAS (h):</b>	8	8	8	8	
<b>ENERGÍA CONSUMIDA (kWh/día):</b>	38.66	13.28	52.32	124.41	228.674

## CONSUMO DE ENERGÍA CON PROYECCIÓN DE REDUCCIÓN

	CARGA LUM (W)	CARGA TOM (W)	CARGA COM (W)	AA (W)	TOTAL
<b>CARGA Total (kW):</b>	5.37	16.60	11.80	36.43	70.202
<b>CARGA CON FD (kW):</b>	5.37	8.30	10.90	22.22	46.786
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN:</b>	0.9	0.2	0.6	0.35	
<b>HORAS DIARIAS (h):</b>	8	8	8	8	
<b>ENERGÍA CONSUMIDA (kWh/día):</b>	38.66	13.28	52.32	93.31	197.57

## LEVANTAMIENTO DE ALCALDÍA MUNICIPAL DE VERAPAZ

N	INSTALACIÓN	CARGA VARIA	COMP TRABJ	FOCO LED (15W)	FOCO ESP (45W)	2x4 4T (72W)	AA [BTU] (W)
1	Fachada			6			
1	Jardín	1			2		
1	Parqueo	1			2		
1	Sala de reuniones	4				4	24,000 (3500)
1	Secretaria	1	1			1	24,000 (3500)
1	Baños	1			1		
1	Medio ambiente	1	1			1	
1	servicios generales	4			1		
1	Deporte	1	1		1		
1	Oficina del alcalde	2	1			4	24,000 (3500)
1	Síndico-UCP	1	2			2	24,000 (3500)
1	auditoria-contaduría	2	3			2	24,000 (3500)

1	Archivo				1		
1	secretaria	1	1			1	
1	salón general	3	6			9	
							12,000 (1300) 36,000 (3800)

### CONSUMO DE ENERGÍA CON CARGA INSTALADA

	CARGA LUM (W)	CARGA TOM (W)	CARGA COM (W)	AA (W)	TOTAL
<b>CARGA Total (kW):</b>	2.18	4.60	3.20	17.10	27.078
<b>CARGA CON FD (kW):</b>	2.18	4.60	3.20	12.55	22.528
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN:</b>	0.9	0.2	0.6	0.7	
<b>HORAS DIARIAS (h):</b>	8	8	8	8	
<b>ENERGÍA CONSUMIDA (kWh/día):</b>	15.68	7.36	15.36	70.28	108.682

### CONSUMO DE ENERGÍA CON PROYECCIÓN DE REDUCCIÓN

	CARGA LUM (W)	CARGA TOM (W)	CARGA COM (W)	AA (W)	TOTAL
<b>CARGA Total (kW):</b>	2.18	4.60	3.20	17.10	27.078
<b>CARGA CON FD (kW):</b>	2.18	4.60	3.20	12.55	22.528
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN:</b>	0.9	0.2	0.6	0.35	
<b>HORAS DIARIAS (h):</b>	8	8	8	8	
<b>ENERGÍA CONSUMIDA (kWh/día):</b>	15.68	7.36	15.36	52.71	91.11



## LEVANTAMIENTO DE ALCALDÍA MUNICIPAL DE TEJUTLA

N	INSTALACIÓN	CARGA VARIA	COMP TRABJ	FOCO LED (15W)	2x2 3T (27W)	2x4 3T (54W)	OJO BUEY (18W)	1X4 2T (36W)	AA [BTU](W)
1	Oficina CAM	2	2	4					
1	Baño patio interno			2					
1	Unidad de gestión documental	2	1	6					13,000 (1500)
1	Baños internos			3					
1	Tesorería	2	2		3				UC
1	Registro del estado familiar	2	2		3				UC
1	Catastro	1	3		3				UC
1	UTAM	1	3		4				UC
1	Proyección social	2	4		6				UC
1	Recepción	4	1		8	5	3		UC
1	Secretaría	1	1		3				UC
1	Alcalde	1	1		2				13,000 (1500)
1	Impresión	2					2		UC
1	Cafetería	3		2					
1	Escaleras			2					
2	Auditoría interna	2	1		2				UC
2	Gerencia municipal	2	1		3				UC
2	Cuarto IT	4	4		2				13,000 (1500)
2	Comunicación	2	2		2				UC
2	UACI	2	2		5				UC
2	Sindicatura	2	1		3				UC
2	Sala de reuniones	5			8				UC
2	Despacho municipal	2	2		2				UC
2	Despacho del alcalde	2	2		4				60,000 (5800)
2	Baño del alcalde			1					
2	Cafetería	3		1					
2	Baños internos			3					

2	Pasillo	3			6			UC
2	Contabilidad	2	2				2	60,000 (5800)
2	Oficina deportiva	2	1				1	36,000 (3800)
2	Desarrollo humano	2	2		2			
2	Estación de radio	3					1	12,000 (1200)
2	Sala de reunión interna	3					2	60,000 (5800)
3	Azotea			8				[60,000 0 (5800)] X6
-	Fachada			8				

### CONSUMO DE ENERGÍA CON CARGA INSTALADA

	CARGA LUM (W)	CARGA TOM (W)	CARGA COM (W)	AA (W)	TOTAL
<b>CARGA Total (kW):</b>	3.26	12.80	8.00	61.70	85.755
<b>CARGA CON FD (kW):</b>	3.26	7.40	8.00	34.85	53.505
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN:</b>	0.9	0.2	0.6	0.7	
<b>HORAS DIARIAS (h):</b>	8	8	8	8	
<b>ENERGÍA CONSUMIDA (kWh/día):</b>	23.44	11.84	38.40	195.16	268.836

### CONSUMO DE ENERGÍA CON PROYECCIÓN DE REDUCCIÓN

	CARGA LUM (W)	CARGA TOM (W)	CARGA COM (W)	AA (W)	TOTAL
<b>CARGA Total (kW):</b>	3.26	12.80	8.00	61.70	85.755
<b>CARGA CON FD (kW):</b>	3.26	7.40	8.00	34.85	53.505
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN:</b>	0.9	0.2	0.6	0.35	
<b>HORAS DIARIAS (h):</b>	8	8	8	8	
<b>ENERGÍA CONSUMIDA (kWh/día):</b>	23.44	11.84	38.40	146.37	220.05

## ANEXO C. ANÁLISIS ECONÓMICO DE AHORRO DE ENERGÍA

Para estimar el ahorro económico potencial derivado del ahorro de energía eléctrica, se realiza comparando la diferencia de consumo con respecto al registro histórico contra la estimación de energía. Se utilizará el pliego tarifario para calcular el valor económico del posible ahorro. Este enfoque implica seleccionar las tres alcaldías que presentan un consumo energético más elevado.

Uso General									
	CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	0.837715	0.979692	0.759466	0.891345	0.792871	1.581505	0.867936	0.995852
Cargo de Energía:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.144801	0.141462	0.145835	0.145195	0.146804	0.133788	0.142729	0.129646
Cargo de Distribución:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.038882	0.047574	0.045137	0.066839	0.070215	0.193494	0.037519	0.035747

### *Estimación de Energía mensual*

Alcaldía	Medido (kWh)	Estimado (kWh)	Ahorro (kWh)
<b>Sensuntepeque</b>	4261.459	3869.103	392.357
<b>San Martín</b>	8705.250	5452.478	3252.772
<b>Tejutla</b>	5193.050	4309.234	883.816

Para llevar a cabo el cálculo, se utilizará como referencia el costo de la electricidad proporcionado por CAESS según el pliego tarifario. El propósito principal es mostrar un estimado de la cantidad de dinero que se ahorraría con la implementación de las medidas de eficiencia energética. Este enfoque proporciona una perspectiva económica concreta, permitiendo evaluar el retorno de la inversión y destacar los beneficios financieros asociados con la mejora en la eficiencia energética en las alcaldías seleccionadas.

### *Estimación de ahorro mensual*

Alcaldía	Ahorro
<b>Sensuntepeque</b>	\$ 76.34
<b>San Martín</b>	\$ 632.90
<b>Tejutla</b>	\$ 171.97

## **ANEXO D. PROPUESTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE.**

Se propone la instalación de paneles solares para la producción de energía, se presenta como una propuesta alternativa para minimizar los costos de energía eléctrica y reducir la huella de carbono de las alcaldías. Esta iniciativa aprovecha fuentes de energía renovable y sostenible, como la solar, para generar electricidad de manera local.

La energía solar no solo puede contribuir significativamente a la reducción de costos a largo plazo, sino que también disminuye la dependencia de fuentes de energía convencionales y ayuda a mitigar el impacto ambiental al utilizar una fuente limpia y renovable. La implementación de paneles solares puede ser una estrategia efectiva para mejorar la sostenibilidad energética de las alcaldías y avanzar hacia un modelo más respetuoso con el medio ambiente.

El tamaño de la instalación del sistema de generación de energía eléctrica utilizando energía solar, depende de las necesidades específicas de cada institución. Para determinarlo, es crucial examinar y analizar la curva de consumo de energía eléctrica del edificio en estudio. Con base en este análisis, se proyecta la capacidad a instalar y se estima el ahorro asociado para cada caso.

Es importante destacar que la normativa salvadoreña posee ventajas al reconocer la posibilidad de que, en casos excepcionales y temporales, si cierta energía generada no es consumida por el usuario, esta puede ser entregada a la red de distribución local. En tal situación, la distribuidora puede reconocer esta energía, otorgando un crédito de reducción en la factura eléctrica del período correspondiente. Esto añade un incentivo adicional para la adopción de sistemas de energía solar, promoviendo la generación de energía renovable y la reducción de costos asociados para las instituciones.

# ANEXO E. PLIEGO TARIFARIO ACTUAL

## SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES

### TARIFAS

PRECIOS MAXIMOS PARA EL SUMINISTRO ELECTRICO  
VIGENTES A PARTIR DEL 15 DE OCTUBRE DE 2023 AL 14 DE ABRIL DE 2024

#### I. PEQUEÑAS DEMANDAS (0 < kW ≤ 10)

#### BAJA TENSION

##### a) Tarifa Residencial para consumos menores de 99 kWh/mes - BT

###### Bloque 1: Primeros 99 kWh/mes

	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	0.837715	0.979692	0.759466	0.891345	0.792871	1.581505	0.867936	0.995852
Cargo de Energía:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.147730	0.144115	0.148918	0.147529	0.150946	0.139075	0.150136	0.131043
Cargo de Distribución:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.032119	0.051952	0.065141	0.069640	0.081671	0.066055	0.040568	0.039656

###### Bloque 2: Consumos entre 100 kWh/mes y 199 kWh/mes

	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	0.837715	0.979692	0.759466	0.891345	0.792871	1.581505	0.867936	0.995852
Cargo de Energía:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.147789	0.143510	0.148318	0.148094	0.150985	0.137275	0.150324	0.130680
Cargo de Distribución:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.036437	0.065378	0.030477	0.037589	0.040471	0.117081	0.035955	0.043405

###### Bloque 3: Consumos mayores o iguales a 200 kWh/mes

	CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	0.837715	0.979692	0.759466	0.891345	0.792871	1.581505	0.867936	0.995852
Cargo de Energía:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.146487	0.142718	0.147499	0.147708	0.150283	0.137555	0.150324	0.130355
Cargo de Distribución:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.048087	0.080377	0.090206	0.085280	0.091716	0.137529	0.037964	0.045186

###### Uso General

	CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	0.837715	0.979692	0.759466	0.891345	0.792871	1.581505	0.867936	0.995852
Cargo de Energía:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.144801	0.141462	0.145835	0.145195	0.146804	0.133788	0.142729	0.129646
Cargo de Distribución:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.038882	0.047574	0.045137	0.066839	0.070215	0.193494	0.037519	0.035747

###### Alumbrado Público

	CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	0.837715	0.979692	0.759466	0.891345	0.792871	1.581505	0.867936	0.995852
Cargo de Energía:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.128919	0.121302	0.121075	0.118333	0.117276	0.134724	0.150427	0.132892
Cargo de Distribución:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.038651	0.055582	0.069218	0.071978	0.075810	0.110995	0.044483	0.035768

Pliego tarifario aplicable a partir del 15 de octubre de 2023 según lo dispuesto en el Decreto Legislativo No. 873

**II. MEDIANA DEMANDA (10 < kW ≤ 50)****BAJA TENSION CON MEDICIÓN DE POTENCIA**

	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	0.837715	0.979692	0.759466	0.891345	0.792871	1.581505	0.867936	0.995852
Cargo de Energía:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.143297	0.137133	0.143431	0.143253	0.142415	0.130995	0.146775	0.129257
Cargo de Distribución:									
Potencia	US\$/kW-mes	16.116777	24.566953	24.738299	29.488459	31.683909	38.277813	17.458443	21.144428

**MEDIA TENSION CON MEDICIÓN DE POTENCIA**

	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	0.837715	0.979692	0.759466	0.891345	0.792871	1.581505	0.867936	0.995852
Cargo de Energía:									
Cargo Variable	US\$/kWh	0.133426	0.127851	0.131159	0.128095	0.129488	0.122604	0.139511	0.120933
Cargo de Distribución:									
Potencia	US\$/kW-mes	8.044023	9.156741	14.151259	19.220377	20.870146	9.942488	10.688800	5.447846

**BAJA TENSION CON MEDIDOR HORARIO**

	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Atención al Cliente	US\$/Usuario-m	0.837715	0.979692	0.759466	0.891345	0.792871	1.581505	0.867936	0.995852
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.160225	0.158810	0.163391	0.159275	0.164697	0.151552	0.164708	0.128576
Energía en Resto	US\$/kWh	0.137180	0.131356	0.136509	0.138116	0.139162	0.124942	0.136777	0.121191
Energía en Valle	US\$/kWh	0.157703	0.155100	0.159726	0.155615	0.160221	0.145398	0.160926	0.127598
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	16.116777	24.566953	24.738299	29.488459	31.683909	38.277813	17.458443	21.144428

**MEDIA TENSION CON MEDIDOR HORARIO**

	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	0.837715	0.979692	0.759466	0.891345	0.792871	1.581505	0.867936	0.995852
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.148432	0.145374	0.149014	0.142025	0.145980	0.141608	0.156556	0.113632
Energía en Resto	US\$/kWh	0.127084	0.120244	0.124498	0.123158	0.123346	0.116744	0.130008	0.107105
Energía en Valle	US\$/kWh	0.146096	0.141979	0.145672	0.138762	0.142012	0.135858	0.152961	0.112767
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	8.044023	9.156741	14.151259	19.220377	20.870146	9.942488	10.688800	5.447846

**III. GRANDES DEMANDAS (>50 kW)****BAJA TENSION CON MEDIDOR HORARIO**

	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Atención al Cliente	US\$/Usuario-m	12.565725	14.695387	11.391983	13.370179	11.893070	16.910889	17.214672	7.651951
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.160225	0.158810	0.163391	0.159275	0.164697	0.151552	0.164708	0.128576
Energía en Resto	US\$/kWh	0.137180	0.131356	0.136509	0.138116	0.139162	0.124942	0.136777	0.121191
Energía en Valle	US\$/kWh	0.157703	0.155100	0.159726	0.155615	0.160221	0.145398	0.160926	0.127598
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	16.116777	24.566953	24.738299	29.488459	31.683909	38.277813	17.458443	21.144428

**MEDIA TENSION CON MEDIDOR HORARIO**

	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	12.565725	14.695387	11.391983	13.370179	11.893070	16.910889	17.214672	7.651951
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.148432	0.145374	0.149014	0.142025	0.145980	0.141608	0.156556	0.113632
Energía en Resto	US\$/kWh	0.127084	0.120244	0.124498	0.123158	0.123346	0.116744	0.130008	0.107105
Energía en Valle	US\$/kWh	0.146096	0.141979	0.145672	0.138762	0.142012	0.135858	0.152961	0.112767
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	8.044023	9.156741	14.151259	19.220377	20.870146	9.942488	10.688800	5.447846

Pliego tarifario aplicable a partir del 15 de octubre de 2023 según lo dispuesto en el Decreto Legislativo No. 873

# ANEXO F. INFORME DE CYPETHERM IMPROVEMENT PLUS

## ÍNDICE

- 1. RESUMEN DE RESULTADOS** ..... 3
- 2. ANÁLISIS ENERGÉTICO** ..... 4
  - 2.1. SATE + EPS**..... 5
- 3. ANÁLISIS DE COSTES Y BENEFICIOS** ..... 6
  - 3.1. Costes y subvenciones**..... 7
    - 3.1.1. Situación inicial** ..... 7
    - 3.1.2. SATE + EPS**..... 7

Análisis estático de la recuperación de la inversión 7

ido por una versión no profesional de CYPE

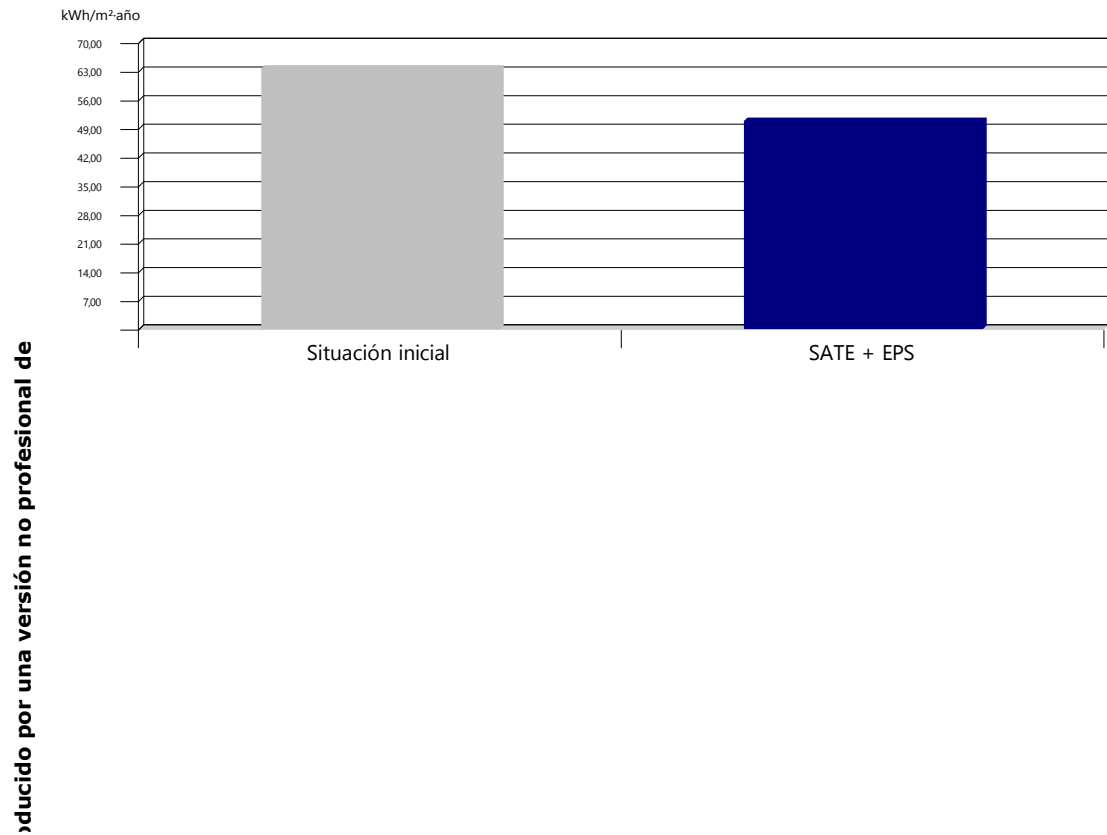
## 1. RESUMEN DE RESULTADOS

	Coste neto de la inversión (EUR)	Coste anual de la energía (EUR)	Ahorro neto anual (EUR)	Recuperación de la inversión (año)	Consumo anual de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> )	Emissiones de CO <sub>2</sub> (kg)
Emisión inicial	0.00			0.00		63.61
						16.88
+ EPS	0.00		184.95	0.00		50.82
						13.48

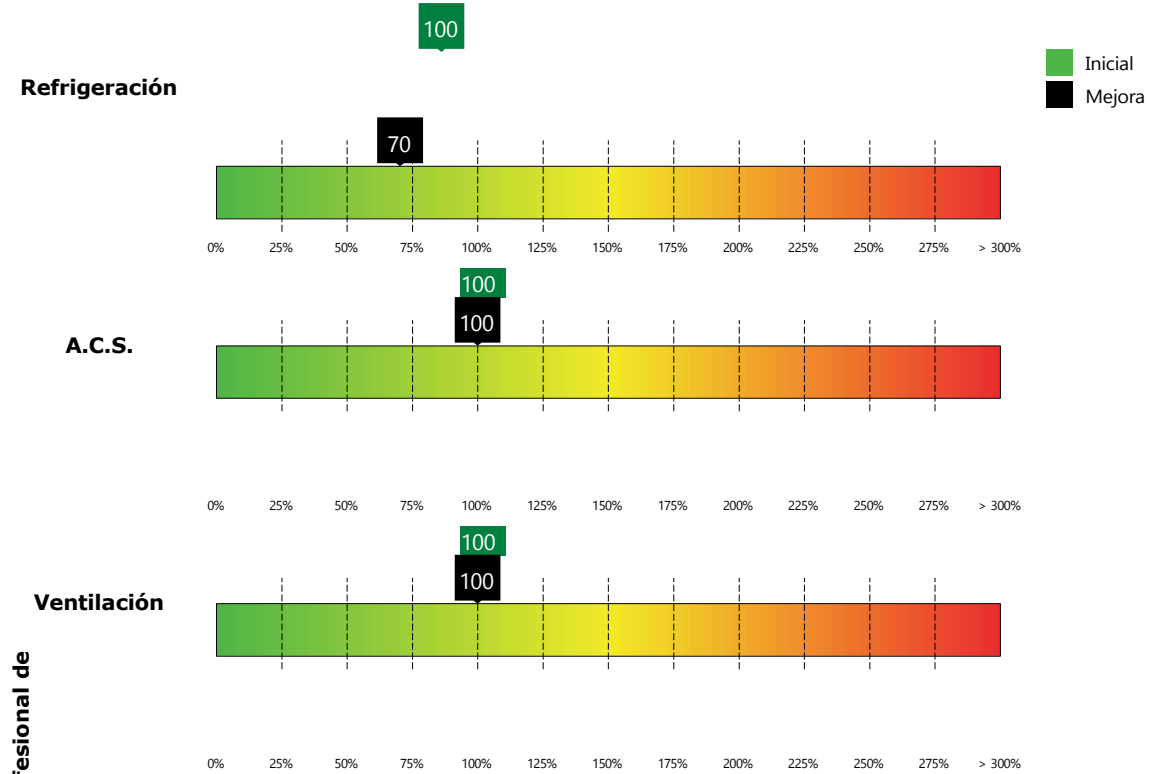


# 1. ANÁLISIS ENERGÉTICO

	Consumo anual de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> )
Situación inicial	63.61
ATE + EPS	50.82



## 1.1. SATE + EPS



a versión no profesional de

**Superficie(Inicial): 248.96 m<sup>2</sup>**

**Superficie(Mejora): 248.96 m<sup>2</sup>**

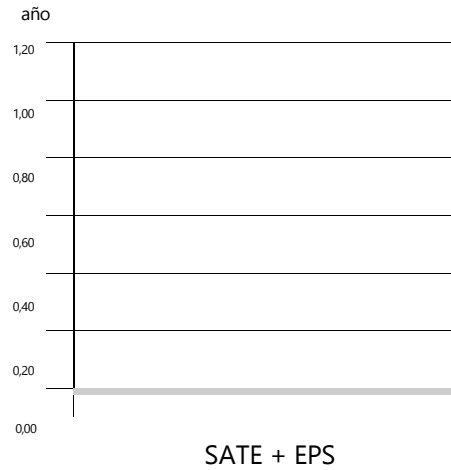
Ahorro energético anual								
Instalaciones	Consumo anual de energía primaria no renovable					Coste anual de la energía		
	Inicial		Mejora		Diferencia	Inicial	Mejora	Diferencia
	kWh/m <sup>2</sup> ·año	%	kWh/m <sup>2</sup> ·año	%	kWh/m <sup>2</sup> ·año	EUR/m <sup>2</sup> ·año	EUR/m <sup>2</sup> ·año	EUR/m <sup>2</sup> ·año
Refrigeración	43.10	67.76	30.31	59.64	12.79	2.51	1.76	0.74
A.C.S.	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Ventilación	20.50	32.23	20.50	40.34	0.00	1.19	1.19	0.00
<b>Total</b>	<b>63.61</b>	<b>100.00</b>	<b>50.82</b>	<b>100.00</b>	<b>12.79</b>	<b>3.70</b>	<b>2.96</b>	<b>0.74</b>

## 1. ANÁLISIS DE COSTES Y BENEFICIOS

Medidas de mejora	Coste neto de la inversión (E)	Coste anual de la energía (EU)	Ahorro neto anual (E)	Recuperación de la inversión (año)
Medida inicial	0.	920.75	0	0.00
SATE + EPS	0.	735.80	1	0.00

### Plazo de recuperación de la inversión

Calculado por una versión no profesional de CYPE



## 1.1. Costes y subvenciones

### 1.1.1. Situación inicial

#### 1.1.1.1. Coste total de la inversión

Descripción	Importe (EUR)
Costes directos	0.00
Costes asociados	0.00
<b>Total</b>	<b>0.00</b>

### 1.1.2. SATE + EPS

#### 1.1.2.1. Coste total de la inversión

Descripción	Importe (EUR)
Costes directos	0.00
Costes asociados	0.00
<b>Total</b>	<b>0.00</b>

## 1.2. Análisis estático de la recuperación de la inversión

El plazo de recuperación de la inversión, indicado en años, se obtiene dividiendo el coste neto de la inversión por el ahorro neto anual generado por la medida de mejora

$$\text{Tiempo de retorno} = \frac{\Delta \text{Coste neto de la inversión}}{\text{Ahorro neto anual}}$$

El coste neto de la inversión corresponde a la suma de los costes de las medidas de mejora, restando las subvenciones y ayudas que se pueden obtener.

$$\text{Coste neto de la inversión} = \text{Coste de la inversión} - \text{Subvenciones y ayudas}$$

El ahorro neto anual corresponde al ahorro energético generado por la medida de mejora, del cual es necesario restar el coste anual de mantenimiento.

$$\text{Ahorro neto anual} = \text{Ahorro anual} - \Delta \text{Coste anual de mantenimiento}$$

	Coste neto de la inversión				Ahorro neto anual				Plazo de recuperación de la inversión (año)
	Coste (EUR)	Subvenciones resultante (EUR)	Neto (EUR)	Diferencia (EUR)	Coste de la energía (EUR/año)	Ahorro energético Mantenimiento (EUR/año)	Ahorro energético (EUR/año)	Ahorro neto (EUR/año)	
Situación inicial	0	0.00	0.00	0.00	920.75	0.00	0.00	0.00	0.00
EPS	0	0.00	0.00	0.00	735.80	184.95	0.00	84.95	0.00

## Recuperación de la inversión

roducido por una versión no profesional de

