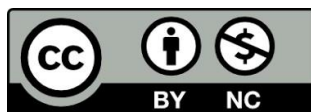


AUXILIAR DE INVESTIGACION
CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS (TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN
Y HUMEDAD RELATIVA) Y EL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS SECCIONAL VILLAVICENCIO EN EL PERIODO 2022.



DAHMYLER STEVEN BOHORQUEZ CAÑAVERAL



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2024

AUXILIAR DE INVESTIGACION
CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS (TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN
Y HUMEDAD RELATIVA) Y EL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS SECCIONAL VILLAVICENCIO EN EL PERIODO 2022.

DAHMYLER STEVEN BOHORQUEZ CAÑAVERAL

Plan de trabajo en modalidad de práctica profesional para optar por el título de Ingeniero
Ambiental

Director:

Msc. JONATHAN STEVEN MURCIA FANDIÑO
Magister en Ciencia y Tecnología Ambiental

Codirector:

Msc. CARLOS ANDRÉS MARENCO PORTO
Magister en Sistemas Energéticos

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2024

Autoridades académicas

P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O.P.

Rector General

P. Mauricio Antonio CORTÉS GALLEGO, O.P.

Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.

Rector Seccional Villavicencio

P. Rodrigo GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Seccional Villavicencio

Mg. Julieth Andrea SIERRA TOBÓN

Secretaría General Seccional Villavicencio

Mg. William PEÑARANDA ZÁRATE

Decano de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido fundamentales en el proceso académicos y que han estado a mi lado.

En primer lugar, agradezco a Dios, por guiarme en cada paso de este camino. Su luz y fortaleza me han permitido superar los desafíos y alcanzar esta meta.

A mis padres, por su incondicional apoyo y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Su amor y sacrificio han sido la base sobre la cual he construido mis sueños. A mi madre, por sus consejos y su constante motivación, y a mi padre, por ser un ejemplo de trabajo duro y dedicación. A mis hermanos, quienes siempre han estado a mi lado, brindándome su apoyo y amor. Gracias por ser una parte esencial de mi vida y por compartir momentos inolvidables.

A mis familiares y amigos, quienes han sido un pilar en este proceso. Su ánimo y confianza en mí me han impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

Un agradecimiento especial a Sharon Barbosa, quien me ayudó a cumplir esta meta. Tu apoyo ha sido invaluable, y estoy muy agradecido por tu dedicación y amistad.

Este trabajo no habría sido posible sin la ayuda de todos ustedes. Estoy profundamente agradecido por su amor, apoyo y confianza en mí. ¡Gracias a todos!

Tabla de contenido

	Pág.
Resumen.....	7
Abstract	8
Introducción	9
Justificación	11
Objetivos del macroproyecto	13
Objetivo general.....	13
Objetivo específico	13
Objetivos de la auxiliatura	13
Objetivo general.....	13
Objetivo específico	13
Descripción y análisis de las actividades realizadas	15
Datos, ubicación y análisis de las estaciones meteorológicas.....	15
Interpolación lineal	17
Correlación de Pearson	20
Estrategias ambientales de ahorro y uso eficiente de la energía en la universidad.....	23
Uso de energías renovables:.....	23
Programación de equipos.....	25
Educación ambiental	26
Establecer metas y seguimiento	27
Conclusiones	28
Referencia	29
Anexos	33

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1 Ubicación de las estaciones meteorológicas de Villavicencio.....	16
Figura 2 Ubicación de las meteorológicas de Villavicencio	16

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas	15
Tabla 2: Interpolación lineal de las variables.....	17
Tabla 3: Interpolación lineal de humedad relativa % año 2022	17
Tabla 4 Interpolación lineal de Temperatura (°C) año 2022	18
Tabla 5: Interpolación lineal de precipitación (mm) año 2022	18
Tabla 6: Resultados mensuales de las variables meteorológicas y consumo energético de la Universidad	19
Tabla 7. Matriz de correlación de las variables.....	21
Tabla 8. Valor económico del consumo de energía.....	23
Tabla 9. Datos y resultado del número de paneles	24
Tabla 10. Datos económicos del sistema	25

Resumen

El consumo energético mundial se ha incrementado en los últimos años. El impacto que causa sobre el clima es considerable, especialmente por la generación de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. Según el acuerdo de París, adoptado en el 2015, tiene como objetivo limitar el aumento de la temperatura global a menos 2°C por encima de los niveles industriales, teniendo en cuenta acciones de reducción de consumo de energía y las emisiones para el año 2030. De ese modo, todas las organizaciones tienen la responsabilidad de contribuir en la reducción del consumo y la transición energética global.

El presente estudio hace parte del proyecto de investigación denominado “Elaboración de un plan eficiente de la energía (PGEE) para el campus aguas claras de la Universidad Santo Tomás Seccional Villavicencio mediante la implementación de la NTC ISO 50001:2018”. Esta investigación se centra en analizar la correlación de variables climáticas para el consumo energético de la Universidad Santo Tomás Seccional Villavicencio durante el año 2022. Para ello, se realizó una recopilación de información y análisis de datos climáticos y de consumo energético utilizando el método de interpolación lineal y correlación de Pearson con el fin de identificar patrones y tendencias para la formulación de estrategias efectivas. Los resultados del estudio revelaron relaciones entre los parámetros meteorológicos y el consumo de energía, siendo la variable de temperatura la que más influye en el aumento de consumo. Se propone la selección de programas de eficiencia energética, que no solo reducirían los costos operativos, sino que también contribuirían a disminuir la huella de carbono de la institución.

Palabras claves: Eficiencia energética, Consumo de energía, Condiciones climáticas, correlación de Pearson, Sostenibilidad.

Abstract

Global energy consumption has increased in recent years. The impact it causes on the climate is considerable, especially through the generation of greenhouse gases that contribute to global warming. According to the Paris agreement, adopted in 2015, it aims to limit the global temperature increase to less than 2°C above industrial levels, taking into account actions to reduce energy consumption and emissions by 2030 . Thus, all organizations have a responsibility to contribute to the reduction of consumption and the global energy transition.

This study is part of the research project called “Elaboration of an efficient energy plan (PGEE) for the campus Aguas Caras of the Universidad Santo Tomás Sectional Villavicencio through the implementation of the NTC ISO 50001:2018”. This research focuses on analyzing the correlation of climatic variables for the energy consumption of the Universidad Santo Tomás Sectional Villavicencio during the year 2022. For this purpose, a collection of information and analysis of climate and energy consumption data was carried out using the linear interpolation method and Pearson correlation in order to identify patterns and trends for the formulation of effective strategies. The results of the study revealed relationships between meteorological parameters and energy consumption, with the temperature variable having the greatest influence on the increase in consumption. The selection of energy efficiency programs is proposed, which would not only reduce operating costs, but would also contribute to reducing the institution's carbon footprint.

Key words: Energy efficiency, Energy consumption, Climatic conditions, Pearson correlation, Sustainability.

Introducción

La implementación de medidas de ahorro y eficiencia energética en la universidad Santo Tomás es crucial para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático global. Por ello, es fundamental analizar cómo las condiciones meteorológicas influyen en el consumo energético dentro de las instalaciones, con el objetivo de identificar posibles desperdicios y adoptar estrategias efectivas para reducir tanto los costos económicos como energéticos, sin comprometer el confort térmico de los usuarios (Arróliga Galeano y Betanco, 2021).

Este trabajo hace parte del macroproyecto “Elaboración de un plan eficiente de la energía (PGEE) para el campus aguas claras de la Universidad Santo Tomás Seccional Villavicencio mediante la implementación de la NTC ISO 50001:2018”, en donde se resuelve el objetivo dos siendo este “Estimar el potencial de ahorro energético, económico y huella de carbono derivado de los escenarios deseables posibles para la universidad debido a la implementación de un plan de gestión de la energía”. Además, el documento tiene un enfoque en el que se analiza de manera detalla la influencia de las condiciones meteorológicas como la temperatura, precipitación y la humedad relativa, con respecto al consumo de energía en la Universidad con el fin de identificar patrones y tendencias que puedan contribuir con el consumo energético del año 2022.

Uno de los factores para tener en cuenta para la implementación de medidas efectivas son los sistemas de refrigeración utilizados para climatizar los espacios de concentración de la comunidad estudiantil, junto con el uso de bombillas (Du et al., 2016), los cuales provocan un mayor consumo energético durante el periodo de estudio universitario. Además, la infraestructura de los edificios Santo Domingo de Guzmán y Sol de Aquino carece de un buen confort térmico, (Custódio et al., 2024) debido a la poca circulación de aire dentro de las aulas y otras zonas de la institución. Por esta razón, los aires acondicionados deben funcionar constantemente para mantener una temperatura adecuada (Zhang et al., 2024).

La Universidad le apuesta a la certificación de la ISO 50001 que establece la gestión eficaz del consumo de energía, por ende, es importante implementar estrategia de eficiencia energética dentro de la sede para obtener este documento y así mejorar la imagen y la reputación de la Universidad ante las demás comunidades (McKane et al., 2017), además ayudara a reducir su impacto ambiental y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y proporcionara

conocimientos a otras instituciones a mejorar el consumo energético de sus edificaciones y destacar su liderazgo en la transición hacia un futuro más sostenible.

Para lograr el objetivo del proyecto, se obtuvieron datos meteorológicos del IDEAM de las variables de precipitación, temperatura y humedad relativa, las cuales podrían influir específicamente en el consumo energético de la institución, al no tener datos en el punto de muestreo se procedió a utilizar uno de los métodos más utilizados para este tipo de problemas siendo el método de interpolación lineal, el cual usa información de dos estaciones meteorológicas que tengan datos y se encuentren lo más cercanas posibles a la zona de estudio, cabe destacar que hay muchos métodos para el cálculo de estas variables, pero la mayoría requiere análisis de varios años y en el estudio solo se requiere datos de un solo año. Para el análisis de las relaciones climáticas con respecto al consumo energético, se implementó el método de correlación de Pearson para identificar patrones y tendencias notables entre los factores analizados durante el año 2022. Con los resultados de la correlación de Pearson, se establecen estrategias para el mejoramiento eficiente de energía en la Universidad Santo Tomás.

Justificación

A nivel mundial la demanda de energía se satisface con energías fósiles tales como el carbón, petróleo y gas natural, lo que ha llegado a provocar el calentamiento global, ya que la quema de estos combustibles fósiles genera gases de efecto invernadero tales como: Dióxido de carbono (CO_2), Metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y Gases fluorados (Benavides Ballesteros y León Aristizabal, 2007). En 2010 el 35% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero se originaron a partir del uso de energía fósil, lo que ha contribuido al incremento de los cambios climáticos. Este fenómeno ha generado un aumento en el consumo energético en la última década, especialmente impulsado por la creciente demanda de refrigeración debido a los fenómenos meteorológicos (García Romero y Calderon Etter, 2012).

En Colombia, el cambio climático ha tenido un impacto significativo, especialmente en la región tropical donde fenómenos como "El Niño" y "La Niña" han alterado los patrones climáticos y afectado el suministro de agua y energía (Galvis Rojas, 2021). Villavicencio se sitúa en el piedemonte de la cordillera Oriental a una altitud de 467 metros sobre el nivel del mar, esta ciudad presenta temperaturas que varían entre los 18°C y 34°C (Ballesteros Zapata, 2013)

Es importante destacar que el aprendizaje y la enseñanza efectiva en la universidad Santo Tomás requieren dispositivos electrónicos, que necesitan recargarse varias veces al día. Por lo tanto, hay que encontrar una solución que aborde el alto consumo de energía de los sistemas de refrigeración y el de energía de los dispositivos electrónicos utilizados en el proceso de enseñanza y aprendizaje. En la Universidad Santo Tomás se abrieron nuevas carreras de pregrado, posgrado y técnicos, que incrementa el número de usuario en las instalaciones, generando el consumo de energía y monetario y el incremento de la huella de carbono de la institución

La implementación de estrategias para reducir el consumo energético y, por ende, el impacto ambiental, pretende preparar a la universidad para futuros fenómenos sin interrupciones en el suministro de energía. Esto garantizará que tanto el aprendizaje como el trabajo de las personas en el campus no se vean afectados por la escasez de energía, permitiendo que la institución cuente con los recursos necesarios para operar de manera eficiente y sin contratiempos.

Además, al mejorar la eficiencia energética de la institución, se posibilita su participación en el ranking UI GreenMetric, lo que conlleva beneficios como la internacionalización y el reconocimiento, el fomento de la conciencia sobre la sostenibilidad, la promoción del cambio y la

acción social, así como la creación de redes de colaboración en temas ambientales y de sostenibilidad. (Universidad Santo Tomás, 2020)

Además, se desea implementar la eficiencia energética en la Universidad Santo Tomás seccional Villavicencio con el fin de alcanzar la certificación ISO 50001. Esta certificación se centra en sistemas de gestión de energía y puede ayudar a la institución a mejorar su eficiencia energética y reducir costos operativos. Los beneficios mencionados, como la disminución de costos operativos, la mejora de la sostenibilidad ambiental, el cumplimiento de la normativa y la promoción de la conciencia ambiental en la ciudad de Villavicencio, son consistentes con los objetivos típicos de implementar prácticas de eficiencia energética y obtener certificaciones como la ISO 50001 (Prias Caicedo et al., 2019).

Objetivos del macroproyecto

Objetivo general

Elaboración de un plan eficiente de la energía (PGEE) para el campus aguas claras de la Universidad Santo Tomás Seccional Villavicencio mediante la implementación de la NTC ISO 50001:2018

Objetivo específico

Mapear las características de potencia y consumo de los equipos eléctricos en el campus Aguas claras de la Universidad Santo Tomás seccional – Villavicencio

Estimar el potencial de ahorro energético, económico y huella de carbono derivado de los escenarios deseables posibles para la universidad debido a la implementación de un plan de gestión de la energía.

Establecer las recomendaciones para la implementación del sistema de gestión en eficiencia energética según la ISO 50001:2018

Objetivos de la auxiliatura

Objetivo general

Analizar las variables climáticas temperatura, precipitación y humedad de la ciudad de Villavicencio con respecto al consumo energético de la Universidad Santo Tomás para el año 2022.

Objetivo específico

Obtener la información secundaria de los datos climáticos temperatura, precipitación y humedad de la ciudad de Villavicencio y el consumo de energía de la Universidad Santo Tomás para el año 2022.

Correlacionar los datos climáticos obtenidos y el consumo energético de la Universidad Santo Tomás para analizar la tendencia del clima sobre el consumo.

Proponer estrategias ambientales de ahorro y uso eficiente de la energía que haga frente a los resultados obtenidos de la correlación de la información obtenida.

Descripción y análisis de las actividades realizadas

Datos, ubicación y análisis de las estaciones meteorológicas

Los datos meteorológicos diarios (temperatura, precipitación y humedad relativa) del año 2022 se obtuvieron por medio del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y los datos de consumos energético del año 2022 se obtuvieron por parte de la electrificadora de Energía del Meta S.A (EMSA).

Por motivos de que la universidad Santo Tomas no cuenta con datos de variables meteorológicas, se implementó el método de interpolación lineal con el fin de determinar las variables en la zona de estudio, por lo que se requiere tener datos de dos estaciones meteorológicas para el desarrollo de la investigación. Para la variable de la humedad relativa se utilizaron las estaciones la libertad y la unillanos (Vargas Luna et al., 2011), con respecto a la variable de precipitación, se descargaron los datos de la estación del ICA y La libertad, siendo esta las más cercanas a la institución y con datos, para la temperatura, los datos se obtuvieron de las estaciones de vanguardia y unillanos, para la realización de la interpolación lineal se usaron las estaciones de la unillanos y la libertad. En la tabla 1, se encuentran las coordenadas de las estaciones y la distancia de cada una con respecto a la universidad Santo Tomás.

Tabla 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas

Estación	Coordenadas	Distancia de la estación hasta la universidad	Categoría de estación
ICA	4° 8'24.00"N 73°37'12.00"W	2.11 km	Pluviométrica
Vanguardia	4°10'0.10"N 73°37'0.10"W	4.99 km	Sinóptica principal
Unillanos	4° 4'36.20"N 73°34'55.20"W	6,19 km	Climática
La libertad	4° 3'26.50"N 73°28'4.50"W	17.85 km	Agrometeorológica

Cabe resaltar que no se realiza análisis del mes de diciembre, esto se debe a que no se cuenta con información de consumo energético de este mes.

En la ilustración 1 y 2 se puede observar un mapa desarrollado realizado en ArcGIS versión 10.4, el cual, muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas.

Figura 1 Ubicación de las estaciones meteorológicas de Villavicencio

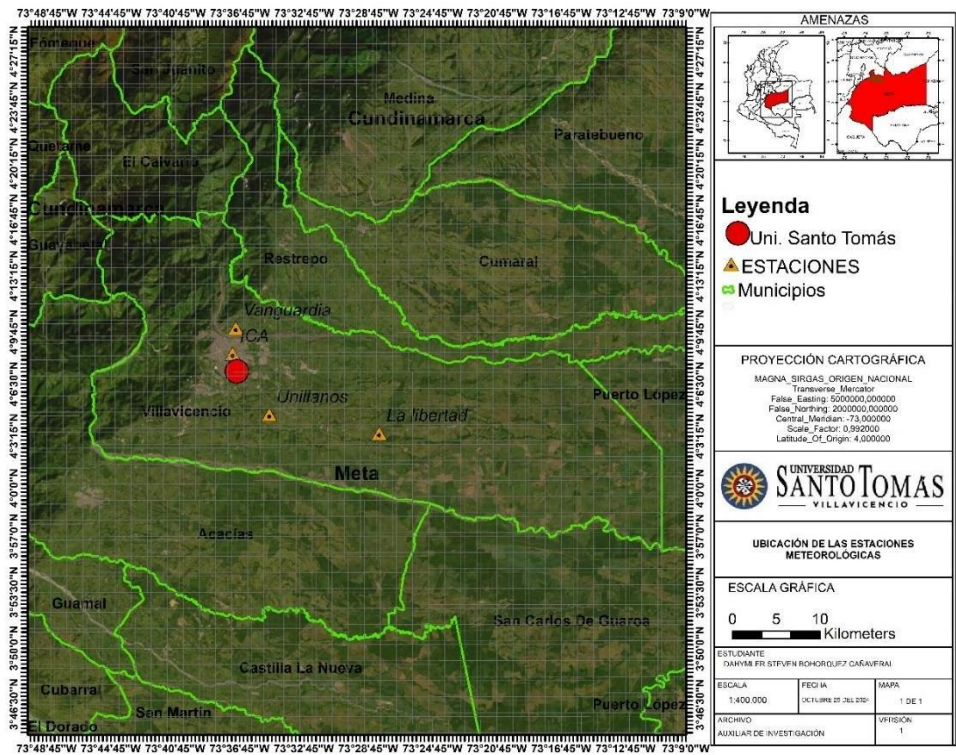
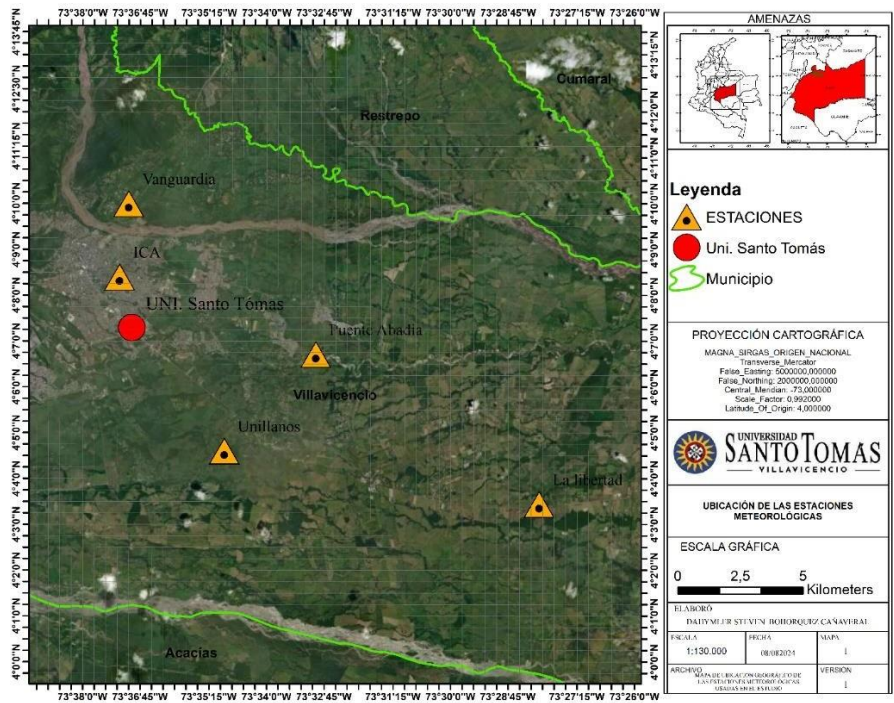


Figura 2 Ubicación de las meteorológicas de Villavicencio



Interpolación lineal

Para cada una de las variables, se obtuvieron datos de las estaciones del IDEAM más cercanas con datos, con el fin de poder determinar los valores de puntos no muestreados

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1)$$

Donde.

X1 y X2: Son los km que existe entre cada estación meteorológica al punto de estudio.

Y1 y Y2: Son los valores de las variables meteorológicas.

X: Es el valor al que se desea estimar y, siempre y cuando este dentro de X1 y X2.

Y: Valor que se desea estimar

En la siguiente tabla 2 se puede observar las estaciones utilizadas para cada una de las variables meteorológicas

Tabla 2: Interpolación lineal de las variables

Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
La Libertad	ICA	Vanguardia
Unillanos	La Libertad	Unillanos

Nota. Adaptado del IDEAM (2022)

En la tabla 3 se puede evidenciar los valores utilizados en la ecuación de interpolación lineal para hallar la humedad relativa en la Universidad Santo Tomas

Tabla 3: Interpolación lineal de humedad relativa % año 2022

INTERPOLACIÓN LINEAL						
MES	X1	X2	X	Y1	Y2	HUMEDAD %
ENERO	17,85	6,19	12	61	82	72
FEBRERO	17,85	6,19	12	67	75	71
MARZO	17,85	6,19	12	76	79	78
ABRIL	17,85	6,19	12	80	84	82
MAYO	17,85	6,19	12	81	87	84
JUNIO	17,85	6,19	12	82	87	85

Tabla 3 Continuación

JULIO	17,85	6,19	12	80	86	83
AGOSTO	17,85	6,19	12	78	84	81
SEPTIEMBRE	17,85	6,19	12	78	83	81
OCTUBRE	17,85	6,19	12	76	82	79
NOVIEMBRE	17,85	6,19	12	79	73	76

En la tabla 4 se puede evidenciar los valores utilizados en la ecuación de interpolación lineal para hallar la temperatura (°C) en la Universidad Santo Tomas

Tabla 4 Interpolación lineal de Temperatura (°C) año 2022

INTERPOLACIÓN LINEAL						
MES	X1	X2	X	Y1	Y2	TEMPERATURA (°C)
ENERO	2,11	17,85	9,98	22,9	31,1	27,0
FEBRERO	2,11	17,85	9,98	23,2	30,8	27,0
MARZO	2,11	17,85	9,98	22,6	29,7	26,2
ABRIL	2,11	17,85	9,98	22,2	29,5	25,9
MAYO	2,11	17,85	9,98	22,6	28,8	25,7
JUNIO	2,11	17,85	9,98	20,9	28,2	24,5
JULIO	2,11	17,85	9,98	21,2	28,8	25,0
AGOSTO	2,11	17,85	9,98	21,2	29,0	25,1
SEPTIEMBRE	2,11	17,85	9,98	21,9	29,7	25,8
OCTUBRE	2,11	17,85	9,98	22,1	30,1	26,1
NOVIEMBRE	2,11	17,85	9,98	21,4	29,3	25,4

En la tabla 5 se puede evidenciar los valores utilizados en la ecuación de interpolación lineal para hallar la precipitación (mm) en la Universidad Santo Tomas

Tabla 5: Interpolación lineal de precipitación (mm) año 2022

INTERPOLACIÓN LINEAL						
MES	X1	X2	X	Y1	Y2	PRECIPITACIÓN (mm)
ENERO	2,11	17,85	10	0,0	0,0	0,0
FEBRERO	2,11	17,85	10	0,7	0,0	1,0
MARZO	2,11	17,85	10	1,8	0,1	2,6
ABRIL	2,11	17,85	10	2,3	0,0	3,4
MAYO	2,11	17,85	10	4,6	0,0	7,0
JUNIO	2,11	17,85	10	3,3	0,7	4,6
JULIO	2,11	17,85	10	18,6	2,4	26,7
AGOSTO	2,11	17,85	10	16,2	5,1	21,7
SEPTIEMBRE	2,11	17,85	10	9,8	0,0	14,7
OCTUBRE	2,11	17,85	10	9,1	0,0	13,6
NOVIEMBRE	2,11	17,85	10	0,0	0,0	0,0

En la tabla 6 son los resultados de la interpolación lineal de las variables meteorológicas y el consumo energético de la Universidad

Tabla 6: Resultados mensuales de las variables meteorológicas y consumo energético de la Universidad

RESULTADOS MENSUALES DEL AÑO 2022 DE CADA UNA DE LAS VARIABLES				
VARIABLE MES	HUMEDAD RELATIVA %	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMPERATURA (°C)	CONSUMO DE ENERGÍA (kWh)
ENERO	72	0,0	27,0	89518
FEBRERO	71	1,0	27,0	144830
MARZO	78	2,6	26,2	145785
ABRIL	82	3,4	25,9	111446
MAYO	84	7,0	25,7	127216
JUNIO	85	4,6	24,5	83337
JULIO	83	26,7	25,0	95084
AGOSTO	81	21,7	25,1	151430
SEPTIEMBRE	81	14,7	25,8	152037
OCTUBRE	79	13,6	26,1	145021
NOVIEMBRE	76	0,0	25,4	122709

Villavicencio está en una región de transición entre la selva amazónica y los llanos colombianos, tiene un clima tropical con niveles de humedad relativa que oscilan entre el 77% y el 83%. Teniendo en cuenta que la humedad relativa es uno de los factores más importantes en la formación de nubes (Concejo Municipal de Villavicencio, 2015).

En los meses con mayor humedad relativa fueron los meses de mayo, junio y julio lo cual pueden generar malestar térmico, ya que las personas se pueden sentir más incómodas de lo habitual. Los altos niveles de humedad impiden que el cuerpo humano sude adecuadamente, lo que lo hace sentir que el cuerpo transpire más dificultando la regulación de la temperatura corporal (Ruiz et al., 2008)

Los meses de enero y febrero están en el rango promedio de humedad relativa de la ciudad de Villavicencio siendo de 72% y 71% respectivamente como se puede observar en la tabla 6, por lo que se puede determinar que en estos dos meses el confort térmico para las personas es cómodo (Ruiz et al., 2008).

Villavicencio es un municipio que se caracteriza por presentar un periodo de altas precipitaciones y una temporada seca, con una precipitación promedio de un rango entre 4000 y 5000 mm en zonas con mayor altura, y un rango de 2500 a 4000 mm en zonas con menor altura. (Ortiz, 2020).

En Villavicencio, estos datos son importantes para comprender el patrón de lluvias que hay en el municipio. Los meses en que se presenta un incremento de precipitación son los meses de julio, agosto y septiembre y octubre, con valores de 26,7 mm, 21,7 mm, 14,7 mm y 13,6 mm respectivamente los meses con menor precipitación fueron enero y noviembre con un valor promedio de 0,00 mm, estos datos se pueden corroborar en la tabla 6.

En Villavicencio, la temperatura generalmente se encuentra en un rango de 20 °C y 32 °C. En temporada seca, las temperaturas altas durante el año ocurren entre los meses de enero a marzo con datos mayores de 29 °C y temperaturas mínimas entre los meses de junio a agosto con temperaturas mínimas de 21 °C. (Ballesteros Zapata, 2013).

Para el año 2022, los meses con altas temperaturas fueron los meses de enero y febrero siendo de 27°C. Por lo que se puede determinar que en estos meses el confort térmico dentro de las instalaciones de la universidad es bastante molesto. En el mes de junio se presentó un nivel de temperatura bajo de 24,5°C, lo que da a entender que hubo un buen confort termino en el campus, cabe destacar que, durante la mitad de este mes, no se encuentro con una gran cantidad de usuarios debió a que los estudiantes en esta época del año se encuentran en receso de fin de semestre.

De acuerdo con varios estudios, uno de los equipos que más energía consume en los hogares, son los equipos de sistemas de refrigeración, especialmente durante los meses más calurosos del año, llegando a representar hasta el 60% de consumo energético de una vivienda (Parra Santillo et al., 2023).

Los meses con mayor consumo energético dentro de las instalaciones de la universidad son febrero, agosto y septiembre y los meses con menor consumo energético son los de enero, junio y julio, esto se debe a que, en este periodo, los estudiantes se encuentran en receso, por lo que el gasto energético y económico disminuye significativamente dentro de la sede.

Correlación de Pearson

El método de correlación de Pearson se utiliza para el análisis estadístico con dos variables que mide el grado de correlación entre los factores con un rango de valores de -1 a 1, para medir la relación entre las variables a estudiar. Además, con este método se evalúa la dependencia entre las variables para identificar la relación entre estas (Han et al., 2024).

Para la realización del método de correlación de Pearson se realiza el análisis por medio del programa de Excel el cual tiene como fórmula la siguiente:

$$\text{Correlacion } (X,Y) = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

El programa arroja la matriz de correlación de Pearson con la que se identifica las variables meteorológicas con respecto al consumo energético de la Universidad Santo Tomas.

Para poder realizar el análisis de correlación, se acomodaron los datos en la tabla 7.

Tabla 7. Matriz de correlación de las variables

	HUMEDAD RELATIVA %	PRECIPITACIÓN mm	TEMPERATURA °C	CONSUMO DE ENERGÍA kwh
HUMEDAD RELATIVA %	1			
PRECIPITACIÓN mm	0.51061	1		
TEMPERATURA °C	-0.82467	-0.49122	1	
CONSUMO DE ENERGÍA kwh	-0.15231	0.14924	0.26730	1

Con la función de Excel “coeficiente de correlación”, se analiza la relación de cada variable con respecto al consumo energético, para determinar si las variables meteorológicas influyen en el aumento del consumo energético de la universidad.

Cuando la correlación tiende a ser 1, este indica una relación lineal positiva perfecta entre las dos variables, lo que significa que cuando una variable aumenta la otra igual. Cuando la correlación es de -1, es una correlación lineal negativa perfecta, lo que significa que cuando una variable aumenta la otra disminuye, cuando el coeficiente de correlación es 0, indica que no hay una relación lineal entre los factores, debido a que las variables no están asociadas con los cambios sistemáticos. (Buxton, 2008)

La correlación entre la **temperatura** y el **consumo energético** es de 0,26, lo que indica que tiene una relación cercana a cero, por lo que, la temperatura y el consumo energético no tienen una influencia directa.

Al observar la tabla 6, se puede evidenciar que la temperatura del mes de febrero alcanzó un valor de 27 °C con un costo energético de 144.830 kWh y el mes de septiembre con una temperatura de 25,8°C con una diferencia del mes de febrero de 1,2°C menos obtuvo mayor consumo energético siendo de 152.037 kWh, también se puede ver que para el mes de enero se obtuvo una temperatura de 27°C al igual que febrero pero un consumo energético de 89.518 kWh siendo un valor mucho más bajo, siendo el mes con menor temperatura en este año de 24,5 °C y uno de los meses con menor consumo energético de 83.337 kWh.

La correlación entre el **consumo energético** y la **precipitación** es de 0,149 mm, dando un resultado cercano a cero e indicando que entre las variables no hay una relación lineal, por lo que una no perjudica a la otra. Analizando la tabla 6, el mes en el que mayor precipitación se presentó fue el de julio con un valor de 26,7 mm, durante este mes el consumo energético fue de 95084 kWh siendo el segundo mes en el que menos energía se consumió en la universidad y el mes de agosto siendo el segundo mes con mayor precipitación de 21,7 mm y teniendo un consumo energético de 151.430 kWh siendo el segundo más alto durante el año, por lo que se puede determinar que la precipitación no afecta que haya un mayor consumo energético. Cabe resaltar que esta disminución de consumo energético es el bajo afluente de usuarios, por las vacaciones de mitad de año y una gran parte de los estudiantes no acuden a las instalaciones y la otra parte está en actividades intersemestrales u otras dentro de la sede.

El valor de la correlación entre la **humedad relativa** y el **consumo energético** es de -0.15, es un valor cercano a cero y una correlación negativa indicando que entre las variables no existe una correlación lineal, así que una variable no afecta a la otra. Durante el año 2022 los meses de mayo, junio y julio fueron los meses con mayor humedad relativa con valores de 84%, 85% y 83% respectivamente, el consumo de estos mismos meses fue de 127.216 kWh, 83.337 kWh y 95.084 kWh respectivamente, por lo que se puede determinar que la humedad relativa tener valores altos durante esos meses, no se vio reflejado que esta variable meteorológica influya en el aumento de consumo de energía (Balbis-Morejon et al., 2018).

En climas con alta humedad, las personas pueden sentir más calor, lo que podría llevar a un mayor uso de aire acondicionado. Sin embargo, dado que no hubo una correlación positiva, es posible que otros factores tengan un efecto significativo en el consumo energético.

Por medio del análisis de la correlación de Pearson, se pudo determinar que las variables meteorológicas tales como la temperatura, precipitación y humedad relativa, no influyen en el consumo de energía de la Universidad Santo Tomás. Estos aumentos de gastos energéticos se deben a otro tipo de factores que ocasionan estos incrementos de consumo, como, por ejemplo, el aumento de estudiantes a la institución a raíz de las nuevas ofertas académicas promocionadas por la Universidad.

Estrategias ambientales de ahorro y uso eficiente de la energía en la universidad

Se presentan 4 estrategias para disminuir el consumo energético de las instalaciones y aumenta el beneficio económico de esta. Se puede ejecutar al mismo tiempo 3 de estas estrategias las cuales son: programación de equipos, educación ambiental y establecer metas y seguimientos. Al obtener un notorio beneficio económico se puede implementar la estrategia de uso de energía renovable y así obtener una mayor eficiencia en la Universidad Santo Tomás.

Para determinar la eficiencia económica de las estrategias se cuenta con la información plasmada en la tabla 8.

Tabla 8. Valor económico del consumo de energía.

Mes	\$/kWh	Consumo kWh	Valor factura
Enero	428,4	89.516,5	\$ 38.344.393
Febrero	440,5	144.828,1	\$ 63.796.782
Marzo	452,7	148.573,6	\$ 67.251.858
Abril	481	127.353,1	\$ 61.256.846
Mayo	494,4	141.095,7	\$ 69.757.689
Junio	541,5	929.39,8	\$ 50.328.777
Julio	534,2	95.081,9	\$ 50.793.696
Agosto	546,2	151.500,3	\$ 82.744.919
Septiembre	520,1	152.036,8	\$ 79.071.289
Octubre	498,7	145.021	\$ 72.316.187
Noviembre	494,7	122.708,9	\$ 60.697.938
TOTAL		1.410.655,7	\$ 696.360.374

Uso de energías renovables: Instalación de paneles fotovoltaicos se utilizaron 1 kit de 60 paneles monocristalinos Deep blue, baterías en gel 6V con 600Ah, inversor de cargador y el cableado eléctrico. Estos paneles serán utilizados como techos para las zonas abiertas de los parqueaderos, con el fin de brindar sombra de los vehículos además de no ocupar espacio en la

institución, lo que permitiría generar energía limpia para el consumo de los equipos de la Universidad

Para el cálculo del número de paneles fotovoltaicos necesarios para almacenar la energía necesaria de la universidad, se implementa el método de potencia con la siguiente ecuación (Autosolar Energía de Colombia, 2024b)

Ecuación 1. N° de paneles fotovoltaicos

$$N^{\circ} \text{ Panel} = \frac{E}{HSP * WP}$$

Donde:

E=consumo de energía

HSP= horas solar pico

WP= potencia del panel

Al resolver la ecuación 6, se tiene la siguiente información en la tabla 9:

Tabla 9. Datos y resultado del número de paneles

Consumo energético del año 2022 (kWh)	1410655,7
40% de consumo energético del año 2022 (kWh)	564262,3
Consumo energético del año 2022 (kWh al día)	1545,9
Horas solar pico (HSP)	6
Cuanta potencia necesita la instalación (kW)	257,65
Cuanto necesita la instalación de potencia (W)	257654
Potencia de los paneles solares (W)	455
Número de paneles solares	566

Para obtener el consumo de energía, se calculó el promedio de consumo de los meses de enero hasta noviembre y se estableció una reducción del 40% de energía en la universidad, la potencia de cada panel fue por medio de la cotización de los equipos en páginas web y las horas solar pico es información proporcionada por el IDEAM.

Debido a que la universidad no cuenta con el suficiente espacio para la instalación de 566 paneles solares, se podría optar por su instalación como techos para los vehículos en los parqueaderos de la institución que tiene una distancia de 200 metros y el restante de paneles solares que sobren se colocan en la parte posterior del parqueadero de carros, lo que solucionaría la

inconformidad de las personas por dejar sus vehículos a la intemperie y poder implementar paneles solares con el fin de disminuir los costos energéticos por medio de equipos que usan energía renovable.

Al tener el 40% del consumo de energía, se promedió el costo por kWh, dando como resultado \$493.9, que tiene como costo de \$25.322.195 mensual. Se encontró en la cotización un kit de 60 paneles a un precio de \$159.601.276 y para comprar los 566 paneles se necesitan comprar 9.5 kits, kit consta de 60 paneles solares monocristalinas con baterías en gel sin mantenimiento con una capacidad de almacenamiento de 6V- 600 Ah, cableado eléctrico, instalación de los paneles y Inversor Híbrido Trifásico (Autosolar Energía de Colombia, 2024a), Se establece que el ahorro económico mensual es el mismo que costaría el 40% de consumo de energía mensual. Para calcular el tiempo que se tarda en recuperar la inversión se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 2. Tiempo de recuperación económica en meses}$$

$$\text{Tiempo de recuperación en meses} = \frac{\text{Costo total}}{\text{Ahorro mensual}}$$

Al resolver la ecuación 6, se tiene la siguiente información plasmada en la tabla 10.

Tabla 10. Datos económicos del sistema

Costo de kit de paneles *60 unidades	\$	159.601.276
Costo de los paneles por el total del número de paneles	\$	1.516.212.122
Costo del 40% de consumo de energía mensual	\$	25.322.195
Ahorro económico mensual	\$	25.335.376
Tiempo para recuperar la inversión en meses		60
Tiempo para recuperar la inversión en años		5

Programación de equipos

Según la temperatura promedio de Villavicencio, entre las 10:00 a.m. y 4:00 p.m. las temperaturas suelen superar los 30°C, lo que disminuye el confort térmico de los usuarios y hace necesario el uso del aire acondicionado. No obstante, no es indispensable encender estos equipos desde las 6:00 a.m., ya que las condiciones térmicas antes de las 10:00 a.m. suelen ser más favorables y no requieren climatización. Además, se puede optimizar el uso de los equipos

coordinando los horarios de clases para evitar que las aulas se encuentren vacías con los sistemas de refrigeración encendidos.

Se tendrían en cuenta que cada aire acondicionado pueden llegar a consumir 2,5 kWh. Los equipos duran encendidos durante 12 horas, y se plantea la idea de mantenerlos apagados durante 5 horas, por lo que se plantea lo siguiente, 7 horas equivalen al mes sería de 350kWh de lunes a viernes, dado a que los fines de semana no están la mayoría de salones ocupados entonces con los paneles solares se reduciría el 40% de este consumo de cada aire acondicionado que tenga la Universidad Santo Tomás

Educación ambiental

Realizar campañas de concienciación y capacitaciones sobre el uso eficiente de energía y la importancia que tienen los estudiantes, profesores y administrativos con la sostenibilidad ambiental. Para esto se proponen las siguientes actividades:

- **Lanzamiento de campaña “Energía consiente”.**

Este lanzamiento se realizaría a comienzo de cada semestre con el fin de generar un impacto desde el inicio con ayuda de las personas en el área de publicidad, los docentes y estudiantes interesados. Se espera una reducción anual de entre el 3% y el 5%.

1. Diseño de afiches, videos y material digital con mensajes sobre la importancia del ahorro energético.
2. Distribución de la campaña por medio de los correos institucionales.
3. Instalación de señalización en áreas comunes para recordar apagar luces y diferentes equipos electrónicos.

- **Día de sostenibilidad por semestre.**

Estos días se programarían en fechas importantes relacionadas con el medio ambiente en el que se ejecutarían las siguientes actividades. Se espera una reducción anual de entre el 2% y el 5%.

1. Conferencias y charlas con expertos en sostenibilidad.
 2. Talleres prácticos sobre energía renovable y eficiencia energética.
 3. Exposición de proyectos estudiantiles relacionados con sostenibilidad.
- **Un día a la semana sin equipos de refrigeración.**

Un día a la semana no se podrá utilizar equipos de refrigeración en la Universidad Santo Tomas, exceptuando las salas de sistemas. Se espera una reducción mensual del 5% al 10%.

Al realizar todas las actividades se espera una reducción anual de entre el 10% o el 15% para el consumo energético de la institución.

El consumo de energía entre el mes de enero hasta noviembre es de 1.410.655,7 kW/anual, si la campaña llegara a reducir el 10% del consumo esto equivaldría a 141.065,57 kW/anual y económicamente esto representa una reducción de \$69.636.037 anualmente y mensual es de \$ 6.330.548,81

Establecer metas y seguimiento

La institución definirá metas claras de ahorro energético, establecer indicadores de desempeño y realizar seguimientos anuales a los avances, para evaluar el impacto que tiene el uso de energía eléctrica.

Conclusiones

Se determinó que la temperatura es la variable climática que más influye en el consumo de energético de la Universidad Santo Tomás ya que a medida que aumenta la temperatura, también lo hace el consumo de energía, especialmente por el incremento de la utilización de los sistemas de refrigeración dentro de la institución. Además, se determinó que, por cada aumento de 2°C, el consumo energético también se eleva 21.939 kwh.

Se identificó en la matriz de correlación de Pearson, que hubo una correlación significativa entre las variables climáticas donde la precipitación dio como resultado una correlación moderada de 0.14, la temperatura obtuvo una correlación de 0.28 indicando una correlación moderada y humedad relativa con una correlación de 0.035 siendo un resultado muy cercano a cero, por lo que no existe una relación lineal entre las variables. lo que surge de que las condiciones climáticas deben ser consideradas en la planificación y gestión del consumo energético en la institución.

Por medio de los resultados obtenidos, se proponen estrategias de eficiencia energética como la implementación de paneles fotovoltaicos, campañas sobre la importancia de la eficiencia energética y educación ambiental, lo cual podría representar un ahorro económico mensual, Estas iniciativas no solo buscan reducir costos operativos, sino también disminuir la huella de carbono de la universidad y fomentar un pensamiento de sostenibilidad entre los estudiantes y los trabajadores.

Referencia

- Arróliga Galeano, S. E., & Betanco, J. A. (2021). Eficiencia energética: una tarea para las universidades. *Revista Científica de Farem-Estelí*(10), 166-177. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i0.11617>
- Autosolar Energía de Colombia. (01 de noviembre de 2024). *Kit Solar 1500W 24VDC 6400Wh día con Batería Tensite*. <https://autosolar.co/kits-solares-aislada/kit-solar-1500w-24vdc-6400whdia-con-bateria-tensite>
- Autosolar Energía de Colombia. (12 de julio de 2024). *Kit Solar OnGrid 6000W 20000Wh día Growatt*. https://autosolar.co/kits-solares-red/kit-solar-ongrid-6000w-20000whdia-growatt?_gl=1*1wz7mh0*_up*MQ..&gclid=CjwKCAjwxY-3BhAuEiwAu7Y6s0a2SksaACBqcr4B7Aevya4uODnMJSkuKBhc6I6VYO0LcZOGyt4SwhoCCtMQAvD_BwE&gclid=aw.ds
- Balbis-Morejon, M., Tovar-Osponi, I., Sousa-Santos, V., & Castro-Peña, J. (21 de Junio de 2018). Comportamiento del Consumo Energético del Sistema de Aire Acondicionado para un Edificio de Oficinas en Cuatro Zonas Climáticas de Colombia. *7to. International Workshop Advances In Cleaner Production Academic*. https://www.advancesincleanerproduction.net/7th/files/sessoes/6B/3/balbis-morejon_m_et_al_academic.pdf
- Ballesteros Zapata, E. E. (2013). Clima y condiciones de confort en la ciudad de Villavicencio. *Cap&Cua. Ciencia, Tecnología y Cultura*(10), 28-34. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4763044.pdf>
- Benavides Ballesteros, H., & León Aristizabal, G. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). <https://www.calameo.com/read/005708353ce3263e4d4a0>
- Buxton, R. (2008). Mathematics learning support. *Statistics Correlation*. <https://www.lboro.ac.uk/media/media/schoolanddepartments/mlsc/downloads/Correlation.pdf>
- Concejo Municipal de Villavicencio. (29 de diciembre de 2015). Acuerdo No. 287 de 2015. *Por medio del cual se adopta el nuevo Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Villavicencio y se dictan otras disposiciones*.

- https://www.curaduriasegundavillavicencio.com.co/normatividad/municipal/POT_2015_Acuerdo%20287%20de%202015.pdf
- Consejo Nacional de Operación (CNO). (10 de noviembre de 2011). Acuerdo No.557 de 2011. *Por el cual se aprueba el “Procedimiento para realizar la prueba de consumo térmico específico neto y capacidad efectiva neta de las plantas térmicas del SIN” y se fija la periodicidad de realización de las mismas.*
https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/acuerdo_cno_0557_2011.htm
- Cruz Mosquera, N., & Vásquez Parra, H. S. (2024). Evaluación del Potencial como Sumidero de Carbono del Humedal el Charco-Oasis en el Municipio de Villavicencio, Departamento del Meta. *[Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]*. Repositorio.
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/54554>
- Custódio, D. A., Ghisi, E., & Forgiarini Rupp, R. (15 de 06 de 2024). Thermal comfort in university classrooms in humid subtropical climate: Field study during all seasons. *Building and Environme*, 258(15). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111644>
- Du, X., Polina, S., & Li, L. (2016). The energy efficiency assessment and optimization of collaborative working air-conditions. *Energy and Buildings*, 133(1), 88-95.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.09.015>
- Erazo, J., & Sulbarán, P. (2022). Cambio climático y uso de energías alternativas: análisis, reflexiones y propuesta. *Conocimiento Libre y Licenciamiento (CLIC)*, 26(13), 79-104.
<https://convite.cenditel.gob.ve/publicaciones/revistaclic/article/view/1157>
- Galvis Rojas, M. M. (2021). Análisis del fenómeno de la sequía en Colombia. *[Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]*. Repositorio .
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/82090/52124084.2022.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- García Arbeláez, C., Vallejo López, G., Higgins, M. L., & Escobar, E. M. (2016). El acuerdo de París actiará Colombia frente al camnio climático. Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenibe de Colombia, Fundación Natura , WWF. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://archivo.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/documentos_tecnicos_soporte/As%C3%AD_actuar%C3%A1_Colombia_frente_al_cambio_clim%C3%A1tico.pdf

- García Romero, H., & Calderon Etter, L. (2012). *Evaluación de la política de Biocombustibles en Colombia*. Fedesarrollo:
https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/338/Repor_Octubre_2012_Garcia_y_Calderon.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Han, S., Li, D., Li, K., Wu, H., Gao, Y., Yu, Z., & Yuan, R. (2024). Analysis and Study of Transmission Line Icing Based on Grey Correlation Pearson Combinatorial Optimization Support Vector Machine. *Measurement*, 236, 1-13.
<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2024.115086>
- McKane, A., Therkelsen, P., Scodel, A., Rao, P., Aghajanzadeh, A., Hirzel, S.,.....O'Sullivan, J. (2017). Predicting the quantifiable impacts of ISO 50001 on climate change mitigation. *Energy Policy*, 107, 278-288. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.04.049>
- Ortiz, H. (2020). *Plan de Desarrollo Villavicencio*.
<https://historico.villavicencio.gov.co/MiMunicipio/ProgramadeGobierno/Plan%20de%20Desarrollo%20Villavicencio%20Cambia%20Contigo%202020%20-%202023.pdf>
- Parra Santillo, F., Cardoso Andrade, B. A., Granzotto, J. P., Marques de Barros, J. P., Amorim Nunes, S., Pereira Silva, G. A., & Atala Costa, M. D. (2023). Análise do consumo de energia elétrica dos equipamentos iot utilizados na automação residencial: um estudo de caso para redução do consumo de energia elétrica. *Recima21 Revista Científica*, 4(10), 1-22. <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i10.4172>
- Prias Caicedo, O. F., Campos Avella, J. C., Rojas Rodríguez, D. B., & Palencia Salas, A. (2019). *Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía Guía con Base en la Norma ISO 50001*. Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética (RECIEE).
https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Guia_estructura_ISO50001.pdf
- Ruiz, D., Alonso Moreno, H., Gutierrez, M. E., & Zapata, P. A. (2008). Changing Climate and Endangered high Mountain Ecosystems in Colombia. *Science of The Total Environmen*, 398(1-3), 122-132. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.02.038>
- Universidad Santo Tomás. (2020). *La Santoto comprometida con la sustentabilidad*.
ustavillavicencio.edu.c:
<https://www.ustavillavicencio.edu.co/index.php/component/content/article/8-informate/129-la-santoto-comprometida-con-la-sustentabilidad?Itemid=101>

- Vargas Luna, A., Santos Rocha, A. C., Cárdenas Colmenares, E. G., & Obregón Neira, N. (2011). Análisis de la Distribución e Interpolación Espacial de las Lluvias en Bogota, Colombia. *Revista Dyna*, 78(167), 151-159.
- Vega Rojas, J. C. (2015). las regiones tropicales, donde el aumento de temperatura es más pronunciado, se ha registrado un incremento en la humedad relativa. Como resultado, los sistemas de refrigeración deben trabajar más para mantener su eficiencia óptima, lo que se traduce en u. *[Trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7326/1/UPS-CT004290.pdf>*
- Zhang, H., Li, Z., Xianwang, A., Duan, D., & Wandong, Z. (2024). Air-conditioning load characteristics and grey box predicting model in subway stations. *Journal of Building Engineering*, 91, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.109656>

Anexos

Para el analizar de los datos meteorológicos sobre consumo energético, se utilizaron datos del año 2022 de variables, temperatura, humedad relativa, precipitación con respecto al consumo energético de la universidad santo Tomás, así que a continuación se observan los siguientes anexos donde se puede evidencias los datos usados.

Para la humedad relativa, se utilizaron datos meteorológicos de la estación la libertad de la humedad relativa máxima y mínima, para obtener mediante método promedio para calculas la humedad relativa media, como se observa en las siguientes tablas.

Anexo 1. humedad relativa máxima del 2022

HUMEDAD RELATIVA MAX											
MES DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
1	75	64	87	88	93	95		95	86	91	80
2	79	82	82	84	84	88	92	95	97	90	96
3	83	75	91	95	79	95	93	87	95	93	96
4	66	78	93	93	79	100	95	84	95	82	87
5	61	83	95	95	96	98	91	92	93	85	84
6	71	80	85	90	93	96	84	97	93	88	86
7	67	75	74	95	97	91	88	98	80	93	81
8	76	95	80	93	95	87	95	83	84	100	88
9	69	87	73	88	92	87	96	93	95	79	93
10	78	87	84	91	89	100	91	93	95	91	95
11	79	88	95	95	95	96	95	93	85	96	93
12	100	82	90	93	95	95	84	85	88	83	92
13	76	76	95	85	95	94	93	93	90	96	90
14	82	80	91	75	93	91	87	96	93	87	93
15	92	72	82	85	92	83	87	93	85	93	85
16	83	75	86	96	96	85	91	81	95	90	95

17	93	69	85	93	93	92	95	83	91	93	95
18	93	75	93	93	95	93	95	77	85	100	95
19	79	82	92	93	95	96	90	76	89	90	93
20	74	69	97	95	95	96	93	95	90	77	90
21	78	73	90	93	93	86	87	76	96	91	85
22	82	71	87	97	93	90	95	89	82	96	88
23	77	67	82	95	92	95	92	84	81	91	91
24	84	88	74	91	92	95	95	78	95	87	84
25	75	78	93	91	91	95	93	76	94	93	95
26	85	84	92	79	93	94	88	85	83	90	86
27	68	96	96	97	91	91	93	91	91	93	95
28	77	95	95	95	88	84	95	88	95	95	90
29	69		92	96	88	90	88	91	85	98	96
30	69		82	98	95	91	95	95	93	82	93
31	73		93		95		91	91		26,7	
MENSUAL	78	80	88	92	92	92	92	88	90	88	90

Anexo 2. Humedad relativa mínima del 2022

HUMEDAD RELATIVA MN											
MES DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
1	49	35	60	57	60	66	65	66	59	60	61
2	36	37	70	61	61	65	70	93	71	54	94
3	29	40	62	74	50	74	64	59	90	61	78
4	41	40	78	64	55	73	70	62	74	60	61
5	41	69	73	71	92	69	64	63	75	62	54
6	28	47	65	60	82	66	66	84	59	54	56
7	34	47	51	89	91	80	65	65	51	90	50
8	37	88	54	62	65	73	91	61	54	65	75
9	49	78	55	62	63	66	72	90	90	56	62
10	43	70	57	59	71	56	64	66	83	70	69
11	42	77	57	72	73	90	93	61	62	62	93
12	50	48	56	56	67	71	64	60	61	56	65
13	41	44	66	51	66	84	63	64	58	54	60
14	57	49	90	48	87	70	60	93	62	79	70
15	36	47	60	65	63	59	64	63	56	75	60
16	40	39	49	95	71	63	56	58	86	59	84

17	49	45	60	66	70	87	86	64	64	85	63
18	59	51	67	78	93	86	78	50	53	64	71
19	41	53	63	75	77	72	63	54	70	55	51
20	50	46	90	81	74	63	77	91	57	61	62
21	43	38	62	67	64	64	72	71	95	65	56
22	42	36	69	61	59	59	61	76	54	65	66
23	55	38	66	82	73	88	84	62	62	61	62
24	61	67	54	65	64	62	69	65	89	67	65
25	46	59	51	56	68	82	64	55	53	65	70
26	54	52	59	58	70	76	66	64	54	60	67
27	42	88	90	85	64	58	69	59	55	58	87
28	41	70	77	74	69	62	75	70	85	91	63
29	47		82	67	76	71	63	86	54	71	88
30	33		60	88	70	80	59	60	61	60	71
31	51		54		60		65	64			
MENSUAL	44	54	65	68	70	71	69	68	67	65	68

Anexo 3. Humedad relativa media del 2022

HUMEDAD RELATIVA											
MES DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
1	62	50	74	73	77	81	65	81	73	76	71
2	58	60	76	73	73	77	81	94	84	72	95
3	56	58	77	85	65	85	79	73	93	77	87
4	54	59	86	79	67	87	83	73	85	71	74
5	51	76	84	83	94	84	78	78	84	74	69
6	50	64	75	75	88	81	75	91	76	71	71
7	51	61	63	92	94	86	77	82	66	92	66
8	57	92	67	78	80	80	93	72	69	83	82
9	59	83	64	75	78	77	84	92	93	68	78
10	61	79	71	75	80	78	78	80	89	81	82
11	61	83	76	84	84	93	94	77	74	79	93
12	75	65	73	75	81	83	74	73	75	70	79
13	59	60	81	68	81	89	78	79	74	75	75
14	70	65	91	62	90	81	74	95	78	83	82
15	64	60	71	75	78	71	76	78	71	84	73
16	62	57	68	96	84	74	74	70	91	75	90
17	71	57	73	80	82	90	91	74	78	89	79

18	76	63	80	86	94	90	87	64	69	82	83
19	60	68	78	84	86	84	77	65	80	73	72
20	62	58	94	88	85	80	85	93	74	69	76
21	61	56	76	80	79	75	80	74	96	78	71
22	62	54	78	79	76	75	78	83	68	81	77
23	66	53	74	89	83	92	88	73	72	76	77
24	73	78	64	78	78	79	82	72	92	77	75
25	61	69	72	74	80	89	79	66	74	79	83
26	70	68	76	69	82	85	77	75	69	75	77
27	55	92	93	91	78	75	81	75	73	76	91
28	59	83	86	85	79	73	85	79	90	93	77
29	58		87	82	82	81	76	89	70	85	92
30	51		71	93	83	86	77	78	77	71	82
31	62		74		78		78	78		27	
MENSUAL	61	67	76	80	81	82	80	78	78	76	79

Para los datos de precipitación se utilizaron los de la estación del ICA, pero debido a que hacían falta datos se realizó la interpolación lineal con los datos de las estaciones puente Abadía y la libertad, dando como resultado la siguiente tabla.

Anexo 4. Datos de precipitación del 2022

PRECIPITACIÓN mm											
MES DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
1	0,0	0,0	0,1	0,0	4,9	2,6	0,1	22,4	1,1	80,2	0,0
2	0,0	0,0	1,4	0,2	0,6	1,9	5,1	32,8	57,3	0,5	0,0
3	0,0	0,0	2,4	0,9	0,0	2,3	3,4	25,0	10,4	0,0	0,0
4	0,0	0,0	4,5	2,3	0,0	6,3	1,4	8,7	44,6	38,9	0,0
5	0,0	1,7	0,7	1,8	5,9	6,0	0,4	21,3	0,7	0,0	0,0
6	0,0	0,6	2,7	8,2	10,2	0,0	1,4	73,9	0,1	74,3	0,0
7	0,0	0,0	2,4	1,2	2,6	10,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,7	38,7	0,0	0,0	39,6	0,0
9	0,0	6,7	0,0	0,3	0,4	7,8	83,3	16,7	12,8	25,1	0,0
10	0,0	0,0	0,0	1,5	0,9	0,0	85,5	5,7	4,4	3,5	0,0
11	0,0	0,3	0,0	0,3	9,2	6,7	41,5	0,7	9,6	6,5	0,0
12	0,0	0,5	5,4	4,3	0,6	1,1	18,7	3,3	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	3,6	5,9	74,5	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	5,4	0,0	5,1	0,1	10,5	48,2	13,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	2,5	0,2	3,5	0,5	2,2	27,1	3,1	1,2	0,0
16	0,0	0,0	0,1	0,4	11,1	0,9	7,4	0,1	33,3	3,2	0,0
17	0,0	0,0	0,0	5,3	5,2	0,0	12,9	0,0	15,8	1,2	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	8,6	0,0	0,8	4,8	0,0

19	0,0	0,0	0,2	5,8	11,4	0,5	10,5	0,0	0,0	3,2	0,0
20	0,0	0,0	0,1	3,0	4,6	1,3	49,2	55,9	10,1	0,0	0,0
21	0,0	0,0	4,9	0,6	3,0	1,1	1,9	30,5	25,5	0,0	0,0
22	0,0	0,0	6,2	0,4	0,7	6,1	1,0	0,0	9,6	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	1,3	16,8	4,6	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	3,4	7,4	5,9	2,5	0,0	6,8	0,0	0,0
25	0,0	0,1	0,0	2,2	1,1	0,8	26,1	0,0	21,5	0,0	0,0
26	0,0	0,2	0,8	0,3	3,6	5,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	3,9	5,1	8,3	1,5	1,6	1,8	2,4	9,1	0,0	0,0
28	0,0	5,5	3,8	1,9	2,3	1,7	92,2	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0		4,1	9,2	7,9	18,3	0,0	22,1	4,4	0,0	0,0
30	0,0		1,7	4,8	7,2	0,6	16,0	21,9	0,5	0,0	0,0
31	0,0		0,0		1,0		45,6	7,5		0,0	
MENSUAL	0,0	0,7	1,8	2,3	4,6	3,3	18,6	16,2	9,8	9,1	0,0

Para determinar la temperatura de la ciudad de Villavicencio en el año 2022, se descargaron los datos diaria mínimos y diarios máximos para poder realizar un promedio de los datos y obtener la temperatura media por lo que se utilizo los datos de la estación de vanguardia, siendo el punto con mas registros de datos. Para completar los datos por medio de interpolación lineal se utilizaron datos de las estaciones de unillanos y la libertad, obteniendo las siguientes tablas como resultado.

Anexo 5. Temperatura mínima del 2022

TEMPERATURA MINIMA (°C)											
MES DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
1	22	23,2	21,8	23,3	20	20,2	20,2	21,4	20,2	20,7	21,8
2	20,2	23,2	23,6	24,2	21,4	21,6	22	21,2	21,6	20	21,8
3	19,6	22,8	22,2	22,3	22	21,2	22	21,1	21,5	19,8	18,1
4	20	23,1	22	22	22,6	21,8	21,7	22	20,6	21,3	18,4
5	23,4	22,2	21,8	21,6	22,6	20,4	21,2	21,6	20,2	21,7	19,2
6	21,4	22,4	22	22	21,4	19,4	22,2	20,1	20,6	21,8	20,4
7	21,8	23	23,4	22	22,2	20,6	20,2	21	20,8	22,2	22
8	20,2	22,7	22,8	21,6	20,6	20,2	21,2	20,9	20,6	21,6	21
9	23,4	20	22,9	22,6	21,6	21,7	20	20,8	21,7	19,8	21,2
10	21,8	19	23,2	20,8	22,2	21,2	21,2	21,7	21,2	21	22,2
11	23	21,6	20,6	22	22	20,9	21,2	21,2	20,8	22,2	21,8
12	21,6	22,6	22	19	21,6	20,8	20,4	19,8	21,6	19,8	20,8
13	23,2	23	21,8	22,8	21,6	19,8	20,8	20,6	21,6	21,6	20,6
14	21,6	24	22	23,1	21,8	20	21,7	21,3	21,4	22,4	22,1
15	21,4	23,2	23,2	23	22,2	21	21,4	20,2	22,1	22,2	22,6
16	20,8	22,8	22	22,2	21,4	21,8	21,6	20,4	21,6	21,2	21
17	21,8	22,2	22,8	19,6	22,2	21,5	21,2	22	19,2	21,2	22
18	22	23,4	22,4	21,8	20,8	19,4	21,6	21,2	21,4	22,2	21,8

19	21,6	22,8	21,8	20,8	21,2	21	21	21,5	22,4	22,1	20,8
20	22	24	22	20,8	21,2	20,2	20,2	20,2	20,2	21,7	21,7
21	22,2	23,8	22,1	21	19,8	21	20,6	20,1	20,8	21,8	22,1
22	21,2	23,2	21,6	22,2	21,2	21,4	21,7	19,2	19,2	22,2	21,6
23	22,3	22,8	21,6	22,6	21,2	20	20,8	18,6	21,6	22,5	21
24	23,2	22,9	22,4	21,8	21,4	20,4	20,8	19,6	21,8	21	20,6
25	22,8	21,6	23,2	21,2	22	19,8	20,8	20,3	18,8	21,2	21,1
26	23,8	22,3	21,8	20,6	20,4	20,4	21,3	21,4	19,6	21,8	22
27	21,8	21,4	21,2	22,2	21,4	19,3	20	20,6	21,4	22,2	21,4
28	21,6	21,2	21,8	21,4	21,4	20,2	20,7	21,8	22,2	22,8	21,2
29	22,8		21,4	21,6	20,6	20,2	21,2	20,6	20,2	22,4	20,8
30	22,6		22,1	21,1	20,8	21	20,8	19	22,8	21	21,4
31	23,2				21,1		20,6	20,8		22	
MENSUAL	21,9	22,5	22,2	21,8	21,4	20,6	21,0	20,7	21,0	21,5	21,2

Anexo 6. Temperatura máxima del 2022

TEMPERATURA MAXIMA (C°)											
MES DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
1	32.6	33.4	30.6	32.4	31	29.8	29.6	30	30.8	28.7	32.4
2	33.2	36.2	30.8	30.2	30.8	28.9	29.9	26.6	29	30.8	22.8
3	35.2	34.2	30.6	27.3	32.4	28.8	30.6	30.2	26.4	31.4	21.9
4	32	34.2	29	31.2	32.3	29.2	29.9	29.8	27	32.3	25.6
5	33	27.9	32.6	30.3	24.6	29.2	30.7	29.9	28.4	32	28.9
6	33.8	31.4	30.2	31.8	29.4	30.2	30.6	30.7	31.7	31.2	30.8
7	34	31.6	32.2	28	23.6	28.2	30.8	32.1	32.3	31.1	32.2
8	33.8	27.2	31.2	32.2	29	29.8	23.2	25.2	32.2	24.4	30.7
9	26	29	30.6	31.4	29.6	28.4	29.8	30.7	25.2	30.9	31.4
10	29.6	31.8	31.6	32.6	30.3	31.1	30.8	31.2	26	32.2	29.2
11	31.6	29.6	31.8	29.7	28.4	28.3	24.6	31.3	32.8	29.6	27.4
12	33	32.2	30.8	31	30.2	26	30.6	30.2	31.4	32	29.7
13	32.7	33.4	29.4	32.7	29.8	22.8	30.6	24.7	31.6	31.6	30.8
14	30.4	33.4	26.4	33	26.8	26.3	31	30.7	30.8	31.2	29.7
15	34.4	32.4	31.2	31.1	31	30	29.8	31.6	32.2	28.8	31.8
16	32.6	33.2	31.4	26.8	29.8	28.6	31.2	32.8	24.4	29.2	27.8
17	31.4	32.4	32	29.8	29.8	28.8	28.2	33	31	30.2	30.8
18	31.6	30.2	30.4	28.3	24.4	29.4	27.2	32.4	32.6	29.2	28.6

19	31.3	30.8	30.8	30.2	28	28.8	30.9	24.8	32.4	31.3	31.2
20	31.8	29.4	27.8	28.4	27.4	28.6	29.2	25.7	31.9	30.6	31
21	33.3	32	31.6	29.7	30.2	29.2	28.5	26.8	26.6	30.9	30.3
22	34.2	34	29.1	31.6	31	29.8	30.1	31	31.8	30.8	30.2
23	29.8	34.4	29.5	27.8	28.8	27.8	29.4	31.2	32.2	30.3	30.1
24	30.7	29.6	31.3	29.1	30.4	28.7	29.8	31.8	26	31	29.6
25	31.6	31	33	31.7	26.2	25.8	29.5	31.6	30.8	30.8	30.6
26	32.8	30.4	31.6	31.6	30.3	26.3	30.6	31.3	33	30.4	30.4
27	32.3	27.4	29.2	29.7	30.2	30.8	30.2	28.6	32.3	31.8	26.4
28	32.8	28.4	28.7	29.2	30	31.1	30.1	26.2	27.4	29.8	29.3
29	30.9		27.8	29.8	29	29.8	31.2	30.6	31.8	25.4	29
30	30.4		30.9	25.6	28.8	29.6	31.4	29.8	32	27.8	28.4
31	32		31.6		31		29.2			30.8	
MENSUAL	31,7	31,5	31,3	30,7	30,0	28,0	31,0	31,3	29,1	31,7	30,0

Anexo 7. Temperatura media del 2022

TEMPERATURA (C°)											
MES DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
1	22	23,2	21,8	23,3	25,5	20,2	20,2	25,7	20,2	20,7	21,8
2	20,2	23,2	23,6	24,2	21,4	21,6	22	21,2	25,3	20	21,8
3	19,6	22,8	22,2	22,3	22	21,2	22	21,1	21,5	19,8	18,1
4	26	23,1	25,5	22	22,6	21,8	21,7	22	23,8	21,3	18,4
5	28,2	22,2	21,8	21,6	22,6	20,4	21,2	21,6	20,2	26,85	19,2
6	21,4	22,4	22	22	21,4	19,4	22,2	20,1	20,6	21,8	20,4
7	27,9	23	23,4	25	22,2	20,6	20,2	21	20,8	22,2	22
8	20,2	22,7	22,8	21,6	24,8	20,2	21,2	20,9	20,6	21,6	21
9	24,7	24,5	22,9	22,6	21,6	21,7	20	20,8	21,7	19,8	21,2
10	21,8	19	23,2	20,8	22,2	21,2	21,2	21,7	23,6	21	22,2
11	23	21,6	20,6	22	22	20,9	21,2	21,2	20,8	22,2	21,8
12	27,3	22,6	22	25	21,6	23,4	20,4	19,8	21,6	25,9	20,8
13	23,2	23	21,8	22,8	21,6	19,8	20,8	20,6	21,6	21,6	20,6
14	21,6	24	22	28,05	21,8	20	26,35	21,3	21,4	22,4	22,1
15	21,4	23,2	23,2	23	26,6	25,5	21,4	20,2	22,1	22,2	22,6
16	20,8	22,8	22	22,2	21,4	21,8	21,6	20,4	21,6	21,2	21
17	21,8	22,2	27,4	19,6	22,2	21,5	21,2	27,5	25,1	21,2	22
18	22	23,4	22,4	21,8	20,8	19,4	21,6	21,2	21,4	22,2	21,8

19	21,6	22,8	21,8	20,8	24,6	21	21	21,5	22,4	22,1	20,8
20	22	24	22	20,8	21,2	20,2	20,2	20,2	20,2	21,7	26,35
21	22,2	27,9	22,1	21	19,8	21	20,6	20,1	20,8	21,8	22,1
22	21,2	28,6	21,6	22,2	26,1	21,4	21,7	25,1	19,2	22,2	21,6
23	22,3	22,8	21,6	22,6	21,2	20	20,8	18,6	21,6	22,5	21
24	23,2	22,9	22,4	21,8	21,4	20,4	20,8	19,6	23,9	26	20,6
25	22,8	26,3	28,1	21,2	22	19,8	20,8	20,3	18,8	21,2	21,1
26	23,8	22,3	21,8	20,6	20,4	20,4	21,3	21,4	26,3	21,8	22
27	21,8	21,4	21,2	22,2	21,4	19,3	20	20,6	21,4	22,2	21,4
28	21,6	21,2	21,8	21,4	25,7	20,2	20,7	21,8	22,2	22,8	21,2
29	22,8		21,4	21,6	24,8	20,2	21,2	20,6	20,2	22,4	24,9
30	22,6		22,1	21,1	20,8	21	20,8	19	27,4	21	21,4
31	27,6				26,05		20,6	20,8		22	
MENSUAL	22,9	23,2	22,6	22,2	22,6	20,9	21,2	21,2	21,9	22,1	21,4

Los datos de consumo energético de la ciudad para el año 2022, se obtuvieron por medio de la empresa EMSA, acomodándose de la siguiente tabla.

Anexo 8. Consumo energético de 2022

CONSUMO ENERGÉTICO (kwh)											
MES DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
1	1707	6033	5834	5904	1952	4507	3450	5627	5889	2680	6286
2	1625	6409	5498	174	6300	4478	2517	4589	5621	2067	4683
3	2104	5952	5327	1983	6214	4008	1935	5402	2963	6491	3665
4	2257	6348	4947	6525	6224	113	1860	5471	1757	6418	4021
5	2300	3093	3834	5584	5063	1888	3843	5518	4737	6817	2504
6	1914	1761	1677	6160	5181	3829	4223	2541	6005	6153	1604
7	2288	5937	6593	5084	127	3388	4139	1873	5986	6424	4232
8	1735	5039	5723	5727	1931	3471	3323	6827	6323	3001	5897
9	1594	5209	5804	165	5874	3520	2736	5163	5339	1963	5879
10	1858	5580	5710	1988	5691	3757	1896	5792	3113	6870	5736
11	2147	5148	5902	2470	5282	106	3021	6157	1928	5639	4689
12	2255	3604	4160	3369	5955	1771	3674	6220	6069	5407	2859
13	2591	1766	1894	3418	5416	2790	3693	2956	6195	5865	1642
14	2792	7660	5483	2492	148	2902	4236	1813	6522	5861	2227
15	2152	6661	5343	2722	2086	3091	3787	1889	6967	2987	6161
16	1658	6064	6191	106	6257	3305	2675	6296	4931	1604	5229
17	3256	7265	5695	1897	5656	3309	1805	6832	3514	1933	5171
18	3208	5723	4571	6034	4760	104	2259	6535	1992	5446	5048

19	4613	3766	2793	5511	4847	2169	2651	6347	6947	5479	3020
20	4408	1643	1684	4815	4590	2403	1819	3175	6105	5168	1563
21	5068	6201	2418	5195	134	3625	3926	1827	5396	5619	5540
22	3073	7126	6011	5556	1889	3843	3584	5236	5893	3332	4806
23	1753	7210	5593	138	5088	3237	2418	5668	6307	1690	4682
24	4352	5996	5912	1611	5477	3200	1770	6494	3369	6025	4635
25	4528	6165	6592	5619	4704	95	3918	6211	1919	6089	4928
26	4551	4063	4280	5596	5856	1735	4002	6635	6420	5762	2980
27	4635	1668	2078	5220	4739	1853	4039	4150	6747	6169	1610
28	4347	5740	4284	5152	157	3760	3915	1882	5561	5820	4141
29	2861		5094	5122	2107	3693	3570	5249	6051	2948	4039
30	1735		5494	109	2429	3387	2596	5269	5471	1654	3232
31	4153		5784		5082		1804	5786		5640	
MENSUAL	89518	144830	145785	111446	127216	83337	95084	151430	152037	145021	122709