



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

**“Análisis y mejoramiento de la eficiencia energética en una  
universidad ubicada en la Provincia del Guayas”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

**MAGISTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL**

**Presentada por:**

**Rayner Reynaldo Ricaurte Párraga**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2021**

## AGRADECIMIENTO

Mi principal agradecimiento es a Dios quien me dio fortaleza para enfrentar cada dificultad que se me atravesó durante mi largo camino a la graduación. A mí papá y a mí hermana que siempre me apoyaron de manera incondicional durante toda mi etapa como estudiante de maestría. A los profesores que me inspiraron en sus materias y que desde un inicio de la etapa de maestrante siempre me exigieron el cien por ciento, haciéndome mejor día a día. Y en especial al PhD. Jorge Abad Morán mi Director del Proyecto de Graduación por confiar en mí a pesar que las circunstancias eran difíciles, por su apoyo y por haberme inspirado en la eficiencia energética. Y a la

arquitecta Tanya Cueva por permitirme realizar el estudio en la universidad. En este trabajo de titulación hago un agradecimiento especial a la familia Gutiérrez Gómez.

## DEDICATORIA

Principalmente a mi papá Regis Ricaurte quien desde el cielo sé que está orgulloso de mí por el logro alcanzado, por siempre haberme puesto en los mejores colegios a pesar de las dificultades económicas, y por siempre haberme inspirado a seguir estudiando con sus frases "eres mate" e "ingeniero. A mi hermana Rossana Ricaurte por nunca dejarme caer a pesar de las dificultades, no importa cuántas veces me equivocaba siempre estuvo ahí para levantarme y por inspirarme siempre a llegar más alto, así como ella lo ha logrado. Para Michelle Zapata y Amelia Arroyo por también ser mis inspiraciones para seguir peleando día a día y

por devolverme la fe de que  
este título nos traerá un futuro  
mejor juntos.

“Lo logramos papi”

# TRIBUNAL DE TITULACIÓN

---

**Ángel Ramírez M., Ph.D.**  
**DECANO DE LA FIMCP**  
**PRESIDENTE**

---

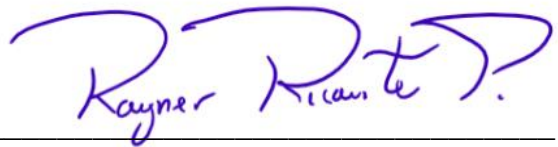
**Jorge Abad M., Ph.D.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

**Jorge Duque R., MSc.**  
**VOCAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”



---

Rayner Reynaldo Ricaurte Párraga

## RESUMEN

La Universidad es una Institución de Educación Superior (IES) de categoría B ubicada en la provincia del Guayas, que por su historia ha sido un referente en el mejoramiento; en sus 19 años de historia ha ido creciendo en número de estudiantes, docentes, personal administrativo e infraestructura, haciendo que a través de los años sus consumos de energía aumenten, viéndose así en la necesidad de mejorar su eficiencia energética.

La Universidad durante el año 2019 recibió un presupuesto de 25,128,000 USD y en el año 2020 su presupuesto se redujo a 22,615,200 USD, una reducción del 10% por parte del gobierno debido a la pandemia ocasionada por el COVID-19, siendo este recorte para la universidad en 2,512,800 USD. (IES, 2019)

Para el desarrollo del siguiente proyecto fue necesario en primera instancia, realizar una auditoría energética que contempló el conteo y estado de edificios y equipos; en este contexto la IES cuenta con 21 edificios de los cuales la mayoría están equipados con luces T-12 de 32 W, aires acondicionados de 12,000, 18,000, 24,000, 36,000 y 60,000 BTU de baja eficiencia con un SEER de 13.

En el trabajo de campo realizado se observó también que los equipos permanecen encendidos aún en horas no productivas, generando un consumo innecesario de energía eléctrica. Otros hallazgos encontrados en las visitas in situ infirieron en que durante el 2019, la Universidad tuvo un consumo energético promedio de 206,772.33 kWh/mes o 2,481,268 kWh/anual, esto equivale un promedio de 18,094.10 USD/mes a o 217,129.17 USD/anual.

Finalmente la auditoría energética permitió identificar las fallas relacionadas a la infraestructura energética de la IES lo que sirvió como insumo para la elaboración de la propuesta basada en el planteamiento de posibilidades de reducción de energía, y su costo asociado, sobre todo por el problema de recorte presupuestario antes mencionado.

La propuesta de eficiencia energética incluyó el análisis de la implementación de luces led, aires acondicionados inverter y de una planta de energía fotovoltaica.

Con las propuestas de eficiencia energética antes planteadas dio como resultado una inversión aproximada de 703,587.64 USD, con una estimación de un 34.19% de ahorro energético, que representó un ahorro de 63,398.64 kWh/mes, 760,783.68 kWh/anual y un ahorro en el costo de la energía de 8,080.55 USD/mes y 96,966.57 USD/anual con un retorno de la inversión en 6.49 años.



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN _____	VIII
ABREVIATURAS _____	XI
SIMBOLOGÍA _____	XII
ÍNDICE DE FIGURAS _____	XIII
ÍNDICE DE TABLAS _____	XIV
<b>CAPÍTULO 1 _____</b>	<b>16</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN _____</b>	<b>16</b>
1.1 Antecedentes y justificación _____	16
1.2 Objetivo general _____	19
1.3 Objetivos específicos _____	19
1.4 Alcance _____	19
<b>CAPÍTULO 2 _____</b>	<b>20</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO _____</b>	<b>20</b>
2.1 La energía en el ecuador _____	20
2.2 Eficiencia energética _____	23
2.3 Sistema de gestión de la energía _____	24
2.4 Línea base energética _____	25
2.5 Tipos de iluminación _____	26
2.6 Climatización _____	28
2.7 Análisis costo beneficio _____	29
<b>CAPÍTULO 3 _____</b>	<b>33</b>
<b>3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA _____</b>	<b>33</b>
3.1 Situación actual de la universidad _____	33
3.2 Análisis del consumo de energía _____	35
3.3 Línea base energética _____	40
3.4 Auditoria energética _____	45

3.5	Análisis de la capacidad instalada de iluminación y climatización	73
<b>CAPÍTULO 4</b>		<b>74</b>
<b>4.</b>	<b>PROPUESTA DE EFICIENCIA ENERGETICA</b>	<b>74</b>
4.1	Luminarias led	74
4.2	Sistema de climatización inverter	77
4.3	Ahorro de energía de la propuesta	80
4.4	Costo de la propuesta	83
4.5	Cálculo del costo de energía (USD/kWh) e inversión inicial de una planta de energía fotovoltaica	84
4.6	Cálculo del ahorro del costo de energía con las propuestas y análisis del retorno de la inversión	86
<b>CAPÍTULO 5</b>		<b>103</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>103</b>
5.1	Conclusiones	103
5.2	Recomendaciones	104
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>106</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>109</b>
A.	FACTURAS DE CNEL	110
B.	FOTOS DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA	122

## ABREVIATURAS

<b>A/C</b>	Aire acondicionado
<b>CC</b>	Costo por Comercialización
<b>CD</b>	Costo por Demanda
<b>CE</b>	Costo de Energía
<b>CNEL</b>	Corporación Nacional de Electricidad
<b>CRAI</b>	Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Innovación
<b>F<sub>c</sub></b>	Flujo de Caja
<b>IDEn</b>	Indicador del desempeño energético
<b>IES</b>	Instituto de Educación Superior
<b>Inv</b>	Inversión Inicial
<b>PIB</b>	Producto interno bruto
<b>SAP</b>	Servicio de Alumbrado Público
<b>SEER</b>	Seasonal Energy Efficiency Ratio
<b>SGE</b>	Sistema de gestión energética

## SIMBOLOGÍA

<b>BTU</b>	British Thermal Unit
<b>kW</b>	Kilo Watt
<b>KWh</b>	Kilo Watt hora
<b>W</b>	Watt

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Porcentaje de centrales energéticas en el Ecuador _____	22
Figura 2.2 Ejemplo de línea base de consumo energético _____	26
Figura 2.3 Gráfico de eficiencia de tipos de iluminación _____	27
Figura 2.4 Eficiencia energética según el SEER _____	29
Figura 3.1 Análisis del consumo de energía _____	40
Figura 3.2 Gráfico del consumo energético (kWh) vs horas de funcionamiento (h) en el 2019. _____	42
Figura 3.3 Temperaturas en la provincia de la provincia del Guayas _____	43
Figura 3.4 Gráfica del consumo kWh vs Temperaturas registradas en la provincia del Guayas _____	44
Figura 3.5 SEER de los A/C de la Universidad _____	46
Figura 3.6 Histograma Pareto del consumo de energía por bloques _____	71
Figura A.1 Factura de energía mes de enero _____	110
Figura A.2 Factura de energía mes de febrero _____	111
Figura A.3 Factura de energía mes de marzo _____	112
Figura A.4 Factura de energía mes de abril _____	113
Figura A.5 Factura de energía mes de mayo _____	114
Figura A.6 Factura de energía mes de junio _____	115
Figura A.7 Factura de energía mes de julio _____	116
Figura A.8 Factura de energía mes de agosto _____	117
Figura A.9 Factura de energía mes de septiembre _____	118
Figura A.10 Factura de energía mes de octubre _____	119
Figura A.11 Factura de energía mes de noviembre _____	120
Figura A.12 Factura de energía mes de diciembre _____	121
Figura B.1 Tipo de aulas en la universidad _____	122
Figura B.2 Aulas de la universidad _____	123
Figura B.3 Aires acondicionados de 36000 BTU para aulas _____	123
Figura B.4 Luminarias T 12 de 32 W en la universidad _____	124
Figura B.5 Tipo de oficinas en la universidad _____	124
Figura B.6 Aires acondicionados de ventana de 12000 BTU para oficina _____	125
Figura B.7 Aires acondicionados split de 12000 BTU para oficinas _____	125
Figura B.8 Luminarias T 12 de 32 W para oficinas _____	126
Figura B.9 Conteo de aires acondicionados en edificio CRAI _____	126
Figura B.10 Conteo de aires acondicionados en los techos de los edificios _____	127
Figura B.11 Conteo de aires acondicionados en los techos de los edificios _____	127
Figura B.12 Conteo de los aires acondicionados de ventana _____	128
Figura B.13 Conteo de los aires acondicionados split en las paredes de los edificios _____	128
Figura B.14 Baja eficiencia en aires acondicionados _____	129

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Resumen de la comunidad universitaria _____	17
Tabla 2 Centrales con fuentes de energía renovable _____	21
Tabla 3 Centrales con fuentes de energía no renovable _____	21
Tabla 4 Eficiencia en tipos de iluminación _____	27
Tabla 5. Descripción de edificios de aulas _____	34
Tabla 6. Descripción de ubicación de docentes _____	34
Tabla 7 Consumo de energía en kWh y Demanda de energía en kW _____	35
Tabla 8 Cálculo del costo por kW promedio al mes _____	36
Tabla 9 Costo promedio por kWh _____	37
Tabla 10. Consumo y costo de energía 2019 _____	39
Tabla 11 Horas de funcionamiento al mes y diarias _____	41
Tabla 12 Consumo kWh vs Temperaturas registradas en la provincia del Guayas _____	43
Tabla 13 Consumo de A/C de la Universidad _____	47
Tabla 14. Consumo energético en el bloque K _____	48
Tabla 15. Consumo energético del bloque I _____	49
Tabla 16. Consumo energético del bloque N _____	50
Tabla 17. Consumo energético del bloque de idiomas _____	51
Tabla 18. Consumo energético del bloque H _____	52
Tabla 19. Consumo energético del bloque E _____	53
Tabla 20. Consumo energético del bloque L _____	54
Tabla 21. Consumo energético del bloque A _____	55
Tabla 22. Consumo energético del bloque S _____	56
Tabla 23. Consumo energético del bloque P _____	57
Tabla 24. Consumo energético del bloque F _____	58
Tabla 25. Consumo energético del bloque J _____	59
Tabla 26. Consumo energético del bloque O _____	60
Tabla 27. Consumo energético del bloque T _____	61
Tabla 28. Consumo energético del bloque M _____	62
Tabla 29. Consumo del edificio CRAI _____	63
Tabla 30. Consumo energético del bloque B _____	64
Tabla 31. Consumo energético del bloque C _____	65
Tabla 32. Consumo energético del bloque D _____	66
Tabla 33. Consumo energético del bloque G _____	67
Tabla 34. Consumo energético del bloque R _____	68
Tabla 35. Consolidado del consumo energético por bloque _____	70
Tabla 36 Otros consumos de energía _____	72
Tabla 37 Consumo de energía por iluminación, climatización y otros _____	72

Tabla 38 Tabla de equivalencia de iluminación	75
Tabla 39 Ahorro de energía por cambio de luminarias	76
Tabla 40 Consumo de A/C de baja eficiencia e Inverter	77
Tabla 41 A/C de baja eficiencia de la Universidad	78
Tabla 42 Propuesta de A/C Inverter	79
Tabla 43 Ahorro de energía con A/C Inverter	80
Tabla 44. Ahorro de energía de la propuesta	80
Tabla 45 Resumen por bloques del consumo de energía kWh y demanda de energía kW actual y con la propuesta	82
Tabla 46 Costo de inversión de la propuesta	83
Tabla 47 Edificios de la Universidad que consumen el 80% del consumo energético	85
Tabla 48 Costo total de energía en la situación actual	86
Tabla 49 Costo total de la energía con la implementación de la propuesta	87
Tabla 50 Ahorro del costo de energía mensual y anual	87
Tabla 51 Flujo anual neto	88
Tabla 52 Costo total actual de los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía de la IES	90
Tabla 53 Costo total con la planta fotovoltaica de los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía de la IES	91
Tabla 54 Ahorro mensual con la planta fotovoltaica en los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía de la IES	92
Tabla 55 Ahorro del costo de la demanda de energía por implementación de planta fotovoltaica	93
Tabla 56 Ahorro total por la implementación de una planta fotovoltaica	93
Tabla 57 Flujo anual neto	94
Tabla 58 Costo total actual de los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía de la IES	96
Tabla 59 Costo total con la propuesta de los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía de la IES	97
Tabla 60 Ahorro mensual con la propuesta en los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía de la IES	98
Tabla 61 Ahorro del costo de la demanda de energía por implementación de planta fotovoltaica a los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía de la IES	98
Tabla 62 Costo total actual de los edificios correspondientes al 20% del consumo total de energía de la IES	99
Tabla 63 Costo total con la propuesta de los edificios correspondientes al 20% del consumo total de energía de la IES	100
Tabla 64 Ahorro mensual con la propuesta en los edificios correspondientes al 20% del consumo total de energía de la IES	100
Tabla 65 Flujo anual neto	101

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante el año 2019, la Universidad tuvo un consumo energético promedio de 206,772.33 kWh/mes o 2,481,268 kWh/anual, equivalente a un promedio de \$18,094.10 al mes o \$217,129.17 anual. Este consumo energético representa el 0.86% del presupuesto asignado de \$25,128,000.

Debido a las medidas económicas efectuadas por el Gobierno como consecuencia de la pandemia del COVID, el presupuesto 2020 asignado para la Universidad es de \$22,615,200, equivalente a una reducción del 10% en relación al presupuesto del año anterior, siendo este recorte de \$ 2,512,800. (IES, 2019). Ante esta problemática la Universidad se ve en la necesidad de reducir los costos en todas las áreas, inclusive energía.

### 1.1 Antecedentes y justificación

Durante su historia universitaria, la IES ha contribuido de manera decisiva a la superación académica, social, cultural, económica, política del cantón donde se encuentra ubicada y su área de influencia.

De acuerdo al Informe de Gestión 2019, la comunidad universitaria de la IES está conformada por 10,970 personas aproximadamente como se observa en la tabla 1 (IES, 2019)



**Tabla 1 Resumen de la comunidad universitaria**

<b>Comunidad Universitaria</b>	<b>Número de personas</b>
Personal Administrativo: Gobernantes- Consejo Universitario, Rector y Vicerrector, Comisiones: Evaluación Interna, Vinculación con la Colectividad y Académica. Sustantivos: Directores y Coordinadores de Facultades o Unidades Académicas. Procesos de apoyo: Directores de Planeamiento, Financiero, Recursos Humanos, etc. Procesos de Mejoramiento: Auditoría Interna, Comunicación Social, Relaciones Internacionales y Procuraduría.	204
Docentes: Por el tipo: Titulares, invitados, ocasionales u honorarios; y Por el tiempo de dedicación: exclusiva o tiempo completo, semiexclusiva o medio tiempo y a tiempo parcial	700
Estudiantes: presenciales y online; de los cuales 5,371 son estudiantes presenciales.	10,000
Servicios generales	70

**Fuente: (IES, Informe de gestión, 2019)**

**Elaborado por: Autor**

La IES centra sus operaciones en una extensión de 19.10 Ha. de terreno; dentro del cual se encuentran construidos 59,805.62 m<sup>2</sup> de infraestructuras educativas y deportivas; distribuidas en 21 edificaciones entre administrativas y académicas, una Biblioteca CRAI,

con capacidad para 1,000 estudiantes, 1 polideportivo con cancha de fútbol reglamentaria, 1 estadio multidisciplinario dotado de cancha de fútbol, parques, pista atlética, graderíos y vestidores, 3 canchas de básquetbol y 3 canchas de uso múltiple estandarizadas, parqueos, bares, instalaciones de sanitarias. (IES, 2018)

Actualmente los 5,371 estudiantes están distribuidos en 2 jornadas de estudios, utilizando 14 edificios de laboratorios y aulas: A, F, I, K, L, N, O, S, T, H, P, M e idiomas; con un total de 129 aulas habilitadas para clases.

Según Agustín Albán, secretario de Educación Superior, el Gobierno resolvió reducir la asignación presupuestaria 2020 destinada a las universidades públicas

por la emergencia sanitaria y económica que vive el país producto de la pandemia ocasionada por el COVID. El recorte es del 10% para todas las Universidades, equivalente a USD 97 millones.

Según informe de gestión 2019 la IES 2019 recibió un presupuesto de 25,128,000 USD y que para el año 2020 su presupuesto se redujo a 22,615,200 USD, equivalente a una reducción del 10%, siendo este recorte para la universidad en 2,512,800 USD.

En el 2019 la universidad tuvo un alto costo de energía eléctrica en comparación a la Universidad de Guayaquil, gastó 217,129.17 USD/anual, teniendo en su comunidad universitaria un total de 5,371 estudiantes presenciales, esto equivale a un 40.43 USD/estudiante, comparado con la Universidad de Guayaquil que tiene un gasto en energía de 800,000 USD/anual aproximadamente y 60,000 estudiantes, esto equivale a un \$13.33/estudiante. (Universidad de Guayaquil, 2019)

La universidad no ha realizado un estudio sobre el uso y consumo de energía, en consecuencia, no dispone de información sobre el correcto funcionamiento de los sistemas energéticos que componen la institución y podrían existir consumos excesivos de energía en los diversos edificios que la componen.

La infraestructura de esta IES, está conformada por 21 edificios los cuales la mayoría están equipados con luces T-12 de 32 W y aires acondicionados de 12,000, 18,000, 24,000, 36,000 y 60,000 BTU de baja eficiencia. Los equipos permanecen encendidos aún en horas no productivas, generando un consumo innecesario de energía eléctrica.

En el 2019 la Universidad tuvo un consumo energético promedio de 206,772.33 kWh/mes o 2,481,268 kWh/anual, equivalente a un promedio de 18,094.10 USD/mes o 217,129.17 USD/anual.

En base a lo expuesto en los párrafos que anteceden, la Institución, consciente de esta situación motivada en primera instancia por un recorte presupuestario desea realizar una auditoria energética que le permita reducir el consumo energético y su costo asociado.

## 1.2 Objetivo general

Realizar un diagnóstico energético y plantear propuestas de mejoramiento energético en la universidad.

## 1.3 Objetivos específicos

- Determinar cuáles son los sistemas o equipos de mayor consumo energético
- Determinar la línea base energética
- Realizar modelos de comportamiento del consumo energético
- Proponer un plan de eficiencia energética para la universidad e identificar oportunidades de eficiencia energética con su respectivo análisis financiero.
- Analizar la factibilidad de uso de otras fuentes de energía con respecto a la actual con su respectivo análisis financiero.

## 1.4 Alcance

La estimación del consumo energético está enfocada en la ciudadela universitaria de la IES. Se debe establecer el punto de partida del proyecto, detallando los consumos energéticos mensuales del 2019 por medio de las planillas de energía y debido a que la universidad no posee medidores de energía para cada edificio, se procederá a contabilizar los equipos eléctricos para estimar el consumo energético y su línea base. En este caso, es una línea base general y no específica para cada edificio.

Con los datos de consumo energético y de equipos eléctricos en funcionamiento, se plantearán propuestas para la eficiencia energética como el uso de luces led, aires acondicionados inverter y análisis de costos de una planta de energía fotovoltaica. Con las propuestas de eficiencia energética planteadas es importante conocer la inversión aproximada, los nuevos consumos energéticos proyectados, el porcentaje de ahorro de energía en comparación al 2019 y finalmente estimar el retorno de la inversión en años

# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

En este apartado se analizan los conocimientos previos que se necesitan para evaluar los siguientes capítulos como, eficiencia energética, sistema de gestión de la energía, línea base, tipos de iluminación, climatización, cálculo del costo de la energía, cálculo de la implementación de una planta de energía fotovoltaica y como realizar un análisis de retorno de la inversión.

### 2.1 La energía en el ecuador

En consideración a la Energía en el Ecuador, el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (MERNNR) expone lo siguiente:

Parte de la energía del Ecuador está basada en plantas termoeléctricas, entre los combustibles que utilizan estas plantas están el petcoke, petróleo, gas o biomasa, que son causantes de emisiones de material particulado (PM10), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxidos y dióxidos de carbono (CO y CO<sub>2</sub>), esto significa que entre menos energía eléctrica se utilice para desarrollar una actividad, menor cantidad de emisiones habrá en el medio ambiente. (MERNNR, 2018)

El Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, como se observa en las tablas 2 y 3, indica la capacidad instalada en el Ecuador de las centrales con fuentes de energía renovable y no renovable

**Tabla 2 Centrales con fuentes de energía renovable**

Tipo	Con embalse		Sin embalse		Sub total	
	Número de centrales	Potencia efectiva (MW)	Número de centrales	Potencia efectiva (MW)	Número de centrales	Potencia efectiva (MW)
Hidráulica	5	1.598	66	3.443	71	5.041
Biomasa	N/A	N/A	N/A	N/A	3	136,4
Eólica	N/A	N/A	N/A	N/A	3	21,15
Solar	N/A	N/A	N/A	N/A	34	26,74
Biogas	N/A	N/A	N/A	N/A	2	6,50
<b>Subtotal</b>					<b>113</b>	<b>5.232</b>

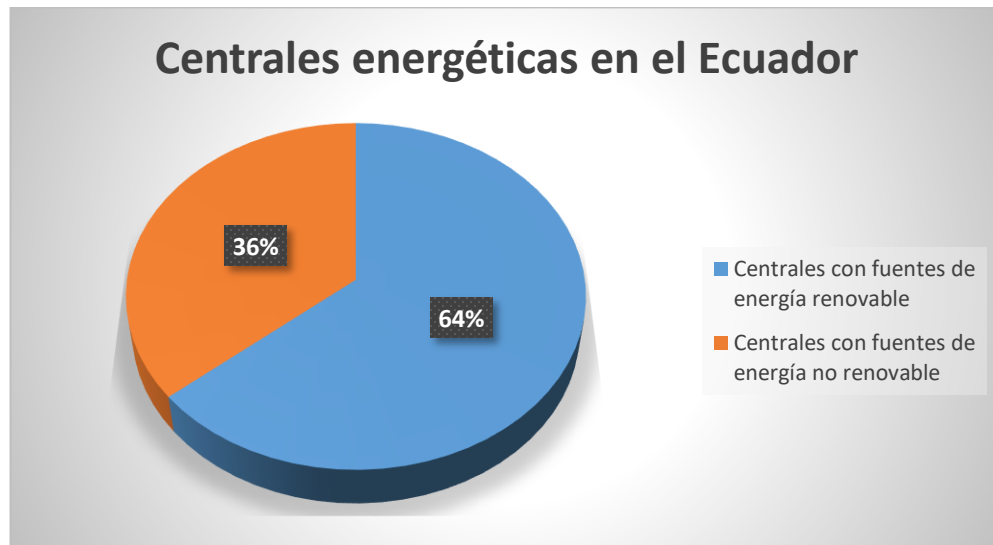
Fuente: (MERNNR, 2018)

**Tabla 3 Centrales con fuentes de energía no renovable**

Tipo	Número de centrales	"Potencia efectiva (MW)"
Motores de combustión interna (MCI)	186	1.753
Turbogás	11	744
Turbovapor	7	454
<b>Subtotal</b>	<b>204</b>	<b>2.951</b>

Fuente: (MERNNR, 2018)

Como se indica en la figura 2.1, el 64% de la capacidad instalada en el Ecuador proviene de centrales con fuente de energía renovables y sólo el 36% proviene de centrales de energías no renovables.



**Figura 2.1 Porcentaje de centrales energéticas en el Ecuador**

**Fuente:** (MERNNR, 2018)

**Elaborado por:** Autor

El uso intensivo de fuentes de energía de origen fósil ha provocado impactos ambientales significativos en términos globales especialmente causadas por las emisiones de CO<sub>2</sub>, uno de los principales gases responsables del efecto invernadero y por lo tanto del calentamiento global del planeta. (Muñoz Vizhñay, Rojas Moncayo, & Barreto Calle, 2018)

Por lo tanto, es necesario ir cambiando las fuentes de energía fósiles por energía renovable.

Las fuentes de energía renovables, son aquellas que se regeneran naturalmente como la energía solar, la eólica, la hidroeléctrica, entre otras.

Hernández (2018) expone las siguientes definiciones sobre las distintas fuentes de energía:

“La energía solar térmica o fototérmica, es la primera fuente de energía que se encuentra en el planeta, es la capacidad que tiene un cuerpo de absorber en forma de calor la energía solar incidente del mismo. Estos cuerpos son sistemas que reservan las radiaciones solares por medio de unas placas que calentaran los

distintos fluidos hasta que sean utilizados.” (p.4)

“La energía eólica también proviene del sol, debido a que los cambios de temperatura ocasionados por la radiación solar producen movimiento en el aire provocando el viento, este viento ayuda a mover generadores que producen energía.” (p.4)

“La energía hidroeléctrica consiste en la construcción de plantas hidroeléctricas, con las cuales se puede aprovechar la caída del agua para la generación de energía mediante turbinas.” (p.4)

Por lo tanto, es necesario la implementación de energías renovables en el país tanto en las industrias, el sector educativo, las zonas residenciales, etc. para emitir una menor cantidad de emisiones al medio ambiente, así como, cambiar la cultura energética de la población que permita reducir el consumo energético y depender menos de las energías de origen fósil.

## **2.2 Eficiencia energética**

Por eficiencia energética se entienden todos aquellos cambios que conducen a una reducción de la energía utilizada (climatización, iluminación, etc.) para generar un determinado producto o servicio. Esta reducción en el consumo de energía se atribuye a mejoras tecnológicas, a una mejor organización y gestión de un sector dado o a una mayor eficiencia económica del mismo, por ejemplo, a través de incrementos de productividad. (Espinoza & Mosquera, 2015)

La eficiencia energética no es más que la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos sin afectar la calidad de vida. Un ejemplo sencillo es la sustitución de focos incandescentes por focos fluorescentes o focos led, en ambos casos la iluminación del área no se verá afectada debido a que los tres focos emiten la misma cantidad de luz en lúmenes, pero con una reducción de energía de hasta un 80%. Así también, la sustitución de un aire acondicionado de baja eficiencia por uno de alta eficiencia sin afectar a la climatización del área, también genera importantes ahorros de energía.

“La eficiencia energética (EE) se define como el cociente entre la energía requerida para desarrollar una actividad específica, y la cantidad de energía primaria usada

para el proceso. Se considera una parte esencial del futuro de la energía sustentable, ya que permite la disminución del consumo de energía, los gases de efecto invernadero y las emisiones.” (Sánchez & Hermann, 2019)

### **2.3 Sistema de gestión de la energía**

Es una estrategia integral que se aplica con la finalidad de mejorar el desempeño energético de una organización, haciendo uso de políticas y procedimientos, así como de normas y convenciones establecidas, para orientar y encauzar el proceso. (Almaguer, 2019).

La experiencia internacional ha demostrado que la implementación de un sistema de gestión energética puede reducir el costo de facturación de energía de una empresa entre el 10 y el 25 %, en un lapso de 1-3 años, con períodos de recuperación de la inversión típicos inferiores a 5 años. (Castrillón Mendoza, Monteagudo Yanes, Borroto Nordelo, & Quispe Oqueña, 2018)

Sobre la implementación del sistema de gestión de energía Medina & Ortega (2018) afirman que:

“La implementación del sistema de gestión de la energía ayudará a contribuir a establecer objetivos a corto, mediano y largo plazo para conseguir el uso eficiente de los recursos energéticos. Parte de sus técnicas está el uso de fuentes de energías renovables, sustitución de algunas fuentes de energía, análisis del ahorro energético de las acciones realizadas, aislamiento térmico, análisis del entorno ambiental, estudio de técnicas nuevas de producir y ahorrar energía y análisis económico de la gestión.” (p.17)

“Los principales beneficios de implementar un sistema de gestión de la energía conforme a la norma ISO 50001 son la disminución del consumo de energía, la garantía de cumplimiento de legislación energética, ahorro de costos y mejora de competitividad, facilita la implementación de acciones derivadas de auditorías energéticas, diferenciación positiva frente a otros competidores, beneficios en licitación pública”. (p.18)

Indicador Energético. establece los indicadores energéticos como medida del desempeño energético, en el cual la institución escoge la alternativa que refleje mejor su consumo energético de acuerdo a las operaciones que realiza. Los indicadores pueden expresarse en términos de: consumo versus personas (kWh/personas), consumo versus producción (kWh/producción) entre otros.



## 2.4 Línea base energética

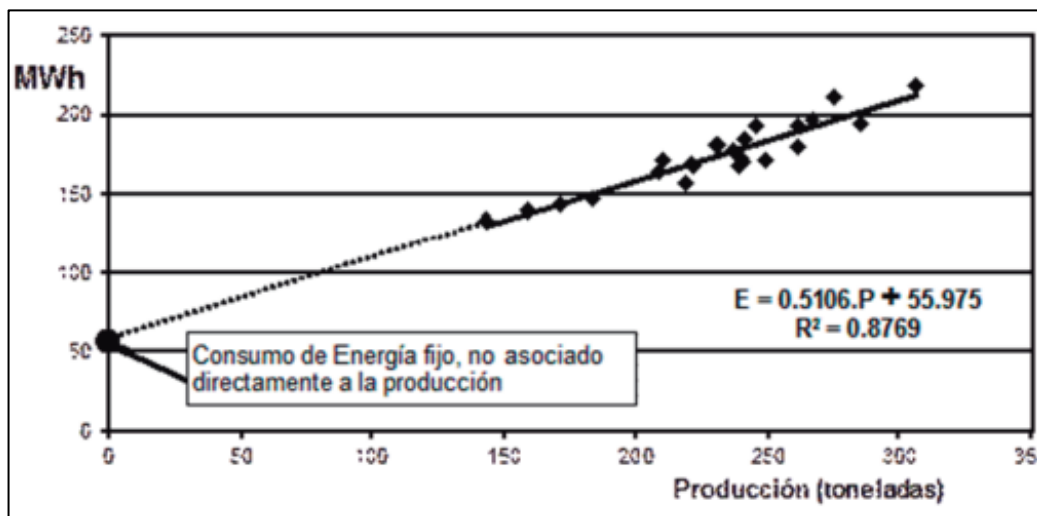
La línea base energética permite el análisis simultáneo de la variación del consumo energético y la producción durante un periodo de tiempo observado. Producción o alguna otra variable que afecte al consumo energético. Se analiza el comportamiento del consumo y la producción de toda la empresa, de un área o de un equipo específico.

Es útil ya que muestra los periodos de tiempo en los cuales se producen comportamientos anormales en la variación del consumo respecto a variaciones en la producción, además de que permite identificar las causas que los producen, pues es posible determinar los periodos en los cuales se presentan dichos comportamientos y hacer un análisis específico para esos periodos. (Salazar Argón, De Oliveira, & Vidal, 2018)

Se indica que se puede considerar adecuada el diagrama de dispersión, si la curva se ajusta a una magnitud del coeficiente de determinación  $R^2 \geq 0,75$ . Valores inferiores indican una débil correlación entre los parámetros representados en el diagrama de dispersión. (Castrillón Mendoza, Monteagudo Yanes, Borroto Nordelo, & Quispe Oqueña, 2018)

Para su obtención, se define un modelo matemático que establezca una relación entre el consumo de energía eléctrica y una o varias variables que afecten al mismo. Para establecer una adecuada línea base se debe identificar variables que influyen en el comportamiento energético (producción, temperatura, tiempo, etc.), el número de líneas base que se van a realizar dependerá del número de variables que afecten al comportamiento energético.

En la figura 2.1 se puede observar un ejemplo de línea base en el cual se analizan las variables de consumo de energía mensual y producción mensual, donde la representación matemática de la recta es  $R^2 > 0.75$ .



**Figura 2.2 Ejemplo de línea base de consumo energético**

**Fuente:** (Castrillón Mendoza, Monteagudo Yanes, Borroto Nordelo, & Quispe Oqueña, 2018)

## 2.5 Tipos de iluminación

**Lámparas incandescentes:** se produce luz al calentar una resistencia. Su principal característica es que emite mucho calor. Se desaprovecha prácticamente toda la energía que produce, su eficiencia es del 10%, solo ese porcentaje es convertido en luz y el 90% restante se convierte en calor. (Programa de energía renovables y eficiencia energética en Centroamérica, 2019)

**Lámparas fluorescentes T 12:** tienen una tecnología más eficiente, su funcionamiento consiste en la combinación de gases y sales que emiten luz al contacto con una corriente eléctrica. Su eficiencia es del 60% convirtiendo el 40% restante en calor. (Programa de energía renovables y eficiencia energética en Centroamérica, 2019)

**Bombillas LED:** son la alternativa ideal hoy en día, por su consumo y la cantidad de luz que emiten. La luz no se concentra en un único punto y puede tener una eficiencia del 90%, solo el 10% es desperdiciado en calor como se observa en la tabla 4 y figura 2.3. (Programa de energía renovables y eficiencia energética en

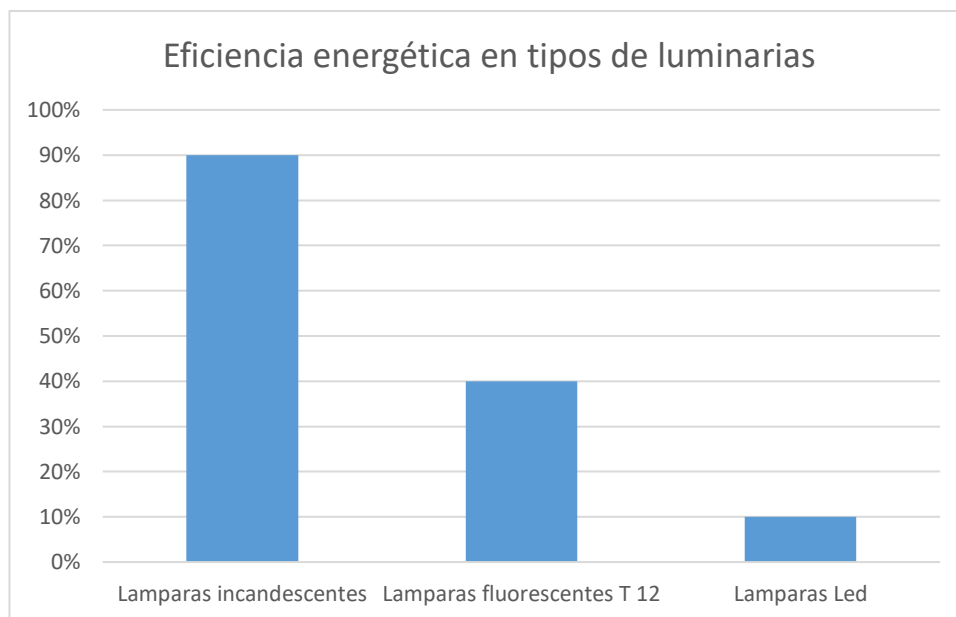
Centroamérica, 2019)

**Tabla 4 Eficiencia en tipos de iluminación**

	<b>Eficiencia energética</b>
<b>Lámparas incandescentes</b>	90%
<b>Lámparas fluorescentes T 12</b>	40%
<b>Lámparas Led</b>	10%

**Fuente:** (Programa de energía renovables y eficiencia energética en Centroamérica, 2019)

**Elaborado por:** Autor



**Figura 2.3 Gráfico de eficiencia de tipos de iluminación**

**Fuente:** (Programa de energía renovables y eficiencia energética en Centroamérica, 2019)

**Elaborado por:** Autor

## 2.6 Climatización

Para mantener o mejorar la calidad de vida en el hogar, el trabajo, unidades educativas, etc. la climatización de los edificios se ha convertido en una gran necesidad, en gran parte de los casos para lograr que sus condiciones de habitabilidad cumplan las exigencias de confort de sus ocupantes, lo que redundará en su mayor satisfacción y, en otros casos como equipamiento fundamental del edificio para satisfacer las funciones intrínsecas del mismo. (Bravo Hidalgo & Perez Guerra, 2019).

Es importante considerar la implementación de equipos de climatización de alta eficiencia energética para reducir los costos energéticos en el edificio. Invertir en un sistema de climatización de alta eficiencia tiene como resultado la reducción del consumo de energía entre el 20% y el 40% en condiciones normales de operación. (Banco de desarrollo de América Latina, 2019)

La eficiencia energética de un sistema de aire acondicionado se expresa como la relación entre la potencia de enfriamiento del equipo y la potencia eléctrica que consume, a esta relación se le denomina SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio por sus siglas en inglés) dependiendo de las unidades que se usen para su cálculo. Es decir, un SEER con un valor de 1 significa que por cada unidad de energía eléctrica utilizada se produce una unidad de energía térmica, un SEER de 5, quiere decir que el equipo produce cinco veces más energía térmica que la electricidad que consume. Es decir, en cuanto mayor sea el valor del SEER mayor será la eficiencia energética del equipo. (Banco de desarrollo de América Latina, 2019).

Actualmente es muy común la utilización de las etiquetas de eficiencia energética en los equipos de aire acondicionado para garantizar que los compradores tengan conocimiento sobre las eficiencias de los equipos como se puede observar en la figura 2.4.



**Figura 2.4 Eficiencia energética según el SEER**

Elaborado por: (Torres, 2018)

## 2.7 Análisis costo beneficio

El propósito principal de las decisiones de inversión está directamente vinculado con la estructura financiera y su costo de capital y, por consiguiente, con los objetivos financieros generales de la institución. Sin embargo, una inversión es aquella mediante la cual el inversionista renuncia en el momento presente a una satisfacción, con el propósito de obtener una mayor en el futuro (Altuve & Germán, 2004)

De ésta manera las inversiones pueden clasificarse de la siguiente manera, según lo expone Suárez (1998):

Inversiones de renovación o reemplazo, que tienen como finalidad reemplazar un equipo antiguo por otro nuevo.

Inversiones de expansión, se realizan para hacer frente a una demanda creciente.

Inversiones de modernización o innovación, necesarias para mejorar los productos actuales o lanzamiento de nuevos.

Inversiones estratégicas, usadas para dar sostenibilidad de la empresa en el mercado, reduciendo los riesgos que resultan del progreso técnico y de la competencia. (p.44)

Existen diversos métodos para evaluar proyectos de inversión, desde aquellos que no consideran el valor del dinero en el tiempo como la Tasa de Rendimiento Promedio (TRP) y el período de recuperación de la inversión (PRI), y los otros métodos que si incluyen en el análisis el valor del dinero en el tiempo como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). (Uzcátegui, Pozo, Espinoza, & Beltrán, 2018)

El Valor Actual Neto mide la generación de riqueza cuando se realiza una inversión mediante un proyecto, es parecido al enfoque del EVA ya que ambos miden la generación de riqueza o valor, la diferencia radica en que el VAN mide el valor de un proyecto en un horizonte de tiempo mientras que el EVA mide el valor en un periodo de tiempo determinado. Además, el VAN es un indicador de rentabilidad en el análisis de las inversiones y su enfoque es económico, mientras que el EVA es un indicador de gestión financiera, el primero se debe implementar en evaluación de proyectos y el segundo en el análisis financiero. (Valencia, 2011)

Adicionalmente, el VAN de un proyecto corresponde al valor presente de los flujos de efectivos netos de una propuesta (Ingresos periódicos menos egresos periódicos). Para actualizar esos valores se utiliza una tasa de descuento, que es una medida de la rentabilidad mínima exigida por el proyecto que permite recuperar la inversión, cubrir los costos y obtener beneficios. (Mete, 2014)

La fórmula del Valor Actual Neto es:

$$VAN = -1 + \sum_n^N \frac{FNE}{(1+i)^n}$$

Donde:

I = Inversión inicial

FNE = Flujos netos de efectivo

$(1 + i)^n$  = Tasa de descuento (Mete, 2014)

Interpretación

Si el VAN > 0: La inversión generaría ganancias por encima de la rentabilidad esperada (r) por tanto el proyecto puede aceptarse

Si el VAN <0: La inversión generaría ganancias o pérdidas por debajo de la rentabilidad esperada (r) por tanto el proyecto debería rechazarse

Si el VAN = 0: La inversión genera la rentabilidad mínima esperada por tanto se debería usar otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado. (Simisterra & Suárez, 2018)

La Tasa Interna de Retorno es otro criterio utilizado para la toma de decisiones sobre los proyectos de inversión y financiamiento. Se define como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos. Es la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del Valor Actual Neto, hace que este sea igual a 0. (Mete, 2014)

“La TIR, expresa el crecimiento del capital en términos relativos y determina la tasa de crecimiento del capital por período”. (Rocabert, 2007)

La fórmula de la Tasa Interna de Retorno es:

$$TIR = i_1 + \frac{[(i_2 - i_1)(VAN_1)]}{[ABS(VAN_2 - VAN_1)]}$$

Donde:

$i_1$  = Tasa de interés con el VAN positivo

$i_2$  = Tasa de interés con el VAN negativo (Ross, Westfield, & Jaffe, 2010)

Interpretación:

Si la TIR es mayor a la tasa de expectativa (rentabilidad esperada), el proyecto es financieramente atractivo ya que sus ingresos cubren los egresos y generan beneficios adicionales por encima de la expectativa o alternativa

Si la TIR es menor a la tasa de expectativa, el proyecto no es financieramente atractivo ya que hay alternativas de inversión que pueden generar mejores resultados. Dentro de este escenario se nos pueden presentar dos alternativas:

TIR menor a la expectativa, pero mayor a 0: significa que los ingresos apenas cubren los egresos del proyecto y no se generan beneficios adicionales.

TIR menor a 0: significa que los ingresos no alcanzan a cubrir los egresos, por ende, el proyecto genera pérdidas.

Si la TIR es igual a la tasa de expectativa es indiferente realizar el proyecto o escoger las alternativas, ya que generan idéntico beneficio. En caso de no existir alternativas debería llevarse a cabo el proyecto ya que los ingresos cubren los egresos y generan beneficios. (Mete, 2014)



# CAPÍTULO 3

## 3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

En este capítulo se detalla la situación actual de la universidad por medio de:

- Número de docentes, estudiantes y personal administrativo.
- Análisis de la infraestructura, cuantos edificios tiene y cuáles de ellos son destinados a aulas o a personal administrativo,
- Análisis de los consumos de energía y sus costos asociados
- Auditoría energética para cada edificio con el fin de identificar las oportunidades de mejora energética.

### 3.1 Situación actual de la universidad

La universidad está ubicada en la provincia del Guayas y actualmente cuenta con aproximadamente 10,000 estudiantes, 700 docentes (192 presenciales y 508 online y bajo factura), 200 administrativos y 70 de servicios generales. Es importante señalar que por los procesos de recategorización que ha pasado la universidad, cada docente posee su oficina. (IES, 2019)

Actualmente, la población que conforma la IES se distribuye en 21 edificios entre administrativos y académicos. Las actividades académicas se realizan en 2 jornadas de 07h00 a 13h00 y de 16h00 a 22h00, con 14 edificios de aulas y un total de 129 aulas habilitadas. (IES, 2019), como se observa en la tabla 5 y 6

**Tabla 5. Descripción de edificios de aulas**

Descripción	Bloques	Número de edificios	Cantidad de aulas
Edificios que son únicamente aulas	I, N, K	3	20+18+12
Edificios que son administrativos y aulas	A,E,F,J,L,O,S,T, IDIOMAS	8	3+5+2+0+3+7+21+4
Edificios de son aulas y laboratorios	H,P,M	3	10+8+0
Edificios solo administrativos	B, C, D, G, Q, R, CRAI	7	
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>129</b>

Elaborado por: Autor

**Tabla 6. Descripción de ubicación de docentes**

Bloque	Descripción	Número de docentes
CRAI		134
T	17 docentes + 1 medio tiempo	18
L	13 docentes + 1 medio tiempo	14
F	16 docentes + 2 medio tiempo	18
M	6 docentes + 2 medio tiempo	8
<b>TOTAL</b>		<b>192</b>

Elaborado por: Autor

### 3.2 Análisis del consumo de energía

Para este análisis es necesario conocer el consumo de energía en kWh, la demanda de energía y los cálculos que realiza CNEL en el cobro de energía a la universidad como se puede observar en la tabla 7

**Tabla 7 Consumo de energía en kWh y Demanda de energía en kW**

<b>Meses</b>	<b>Consumo kWh</b>	<b>Demanda de energía en kW</b>
Enero	278,495	1,149
Febrero	224,300	964
Marzo	135,597	742
Abril	192,428	829
Mayo	204,340	797
Junio	240,916	878
Julio	230,300	771
Agosto	218,918	916
Septiembre	186,722	685
Octubre	135,339	593
Noviembre	216,360	849
Diciembre	217,553	868
<b>Total</b>	<b>2,481,268</b>	<b>10,041</b>

**Fuente:** (CNEL, 2019)

**Elaborado por:** Autor

En la factura de energía eléctrica emitida por CNEL hacia la universidad se cobran los rubros por cargo de energía (CE), cargo por demanda (CD), cargo por comercialización (CC) y servicio de alumbrado público (SAP), los cuales se los ha resumido dos tipos de costos, costo del consumo de energía y costo de demanda de energía.

### Costo promedio de la demanda de energía

Se divide el costo por demanda (\$) y la demanda facturada (kW) obtenido de las facturas de energía emitidas por CNEL (ver facturas de energía en ANEXO A), dando como resultado un costo por kW promedio al mes de 3.00 USD/kW-Mes. Ver tabla 8

**Tabla 8 Cálculo del costo por kW promedio al mes**

Mes	Demanda de energía (kW-mes)	Costo de Demanda (\$)	Costo por kW-Mes
Enero	1,149	\$3,447.00	\$3.00
Febrero	964	\$2,892.00	\$3.00
Marzo	742	\$2,226.00	\$3.00
Abril	829	\$2,487.00	\$3.00
Mayo	797	\$2,391.00	\$3.00
Junio	878	\$2,634.00	\$3.00
Julio	771	\$2,313.00	\$3.00
Agosto	916	\$2,748.00	\$3.00
Septiembre	685	\$2,055.00	\$3.00
Octubre	593	\$1,779.00	\$3.00
Noviembre	849	\$2,547.00	\$3.00
Diciembre	868	\$2,604.00	\$3.00
<b>Total Anual</b>	<b>10,041.00</b>	<b>\$30,123.00</b>	<b>-</b>
<b>Promedio Mensual</b>	<b>870.60</b>	<b>\$2,611.80</b>	<b>\$3.00</b>

Fuente: (CNEL, 2019)

Elaborado por: Autor

### Costo promedio por kWh

Se resta el costo total (\$) y el costo de demanda (\$), esta diferencia se la divide para el consumo mensual en kWh, datos obtenidos de las facturas de energía emitidas por CNEL (ver facturas de energía en ANEXO A), dando como resultado un costo del consumo de energía de 0.075 USD/kWh como se observa en la tabla 9.

**Tabla 9 Costo promedio por kWh**

<b>Mes</b>	<b>Consumo (kWh)</b>	<b>Costo por kWh</b>	<b>Costo del consumo (\$)</b>	<b>Costo de Demanda (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
Enero	278,495	\$0.079	\$21,934.98	\$3,447.00	\$25,381.98
Febrero	224,300	\$0.079	\$17,768.06	\$2,892.00	\$20,660.06
Marzo	135,597	\$0.065	\$8,832.33	\$2,226.00	\$11,058.33
Abril	192,428	\$0.075	\$14,470.02	\$2,487.00	\$16,957.02
Mayo	204,340	\$0.075	\$15,328.18	\$2,391.00	\$17,719.18
Junio	240,916	\$0.075	\$18,096.67	\$2,634.00	\$20,730.67
Julio	230,300	\$0.075	\$17,218.05	\$2,313.00	\$19,531.05
Agosto	218,918	\$0.075	\$16,449.57	\$2,748.00	\$19,197.57
Septiembre	186,722	\$0.075	\$14,043.50	\$2,055.00	\$16,098.50
Octubre	135,339	\$0.076	\$10,304.79	\$1,779.00	\$12,083.79
Noviembre	216,360	\$0.075	\$16,232.04	\$2,547.00	\$18,779.04
Diciembre	217,553	\$0.075	\$16,327.98	\$2,604.00	\$18,931.98
<b>Promedio Mensual</b>	<b>206,772</b>	<b>\$0.075</b>	<b>\$15,583.85</b>	<b>\$2,510.25</b>	<b>\$18,094.10</b>

Fuente: (CNEL, 2019)

Elaborado por: Autor

En el 2019 la universidad consumió un promedio de energía mensual de 206,772.33 kWh y su consumo anual fue de 2'481,268 kWh, con un costo promedio mensual de 18,094.10 USD y el costo anual de 217,129.17 USD como se observa en la tabla 10.

Siendo el mes de enero el de más alto consumo con 278,495 kWh, una demanda de 1,149 kW y un costo de 25,381.98 USD, los meses de marzo y octubre fueron los meses de más bajo consumo con 135,597 kWh y 135,339 kWh significando un

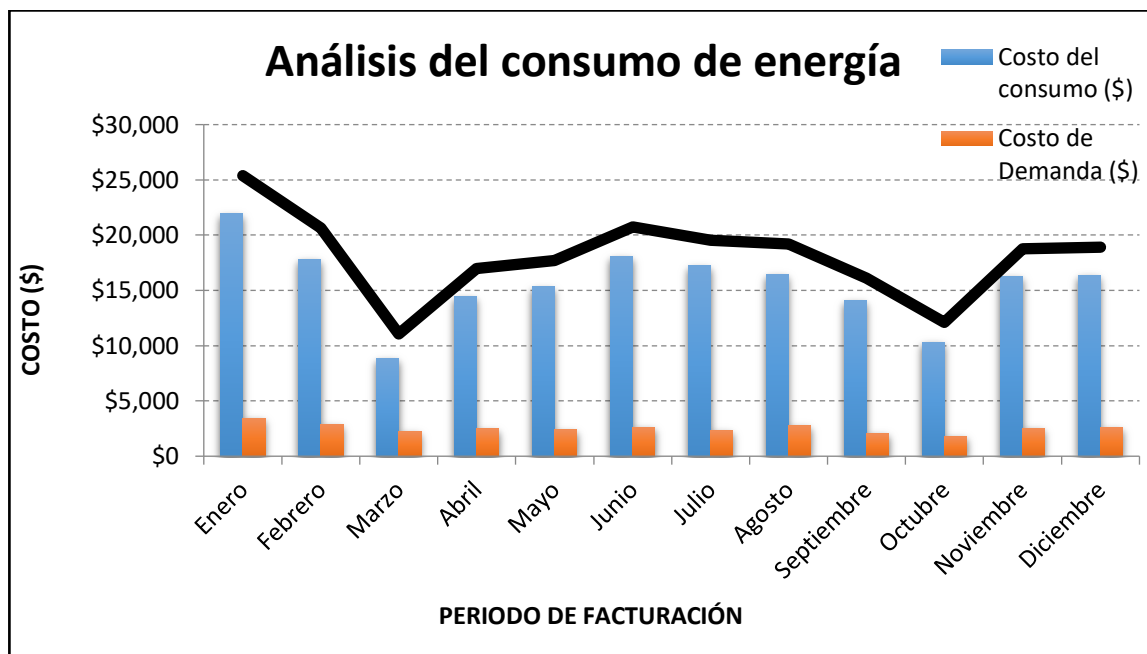
gasto de 11,058.33 USD y 12,083.79 USD por ser estos periodos de vacaciones docentes y estudiantiles como se puede observar en la figura 3.1. (ver facturas de energía en ANEXO A).

**Tabla 10. Consumo y costo de energía 2019**

Mes	Consumo (kWh)	Costo por kWh	Costo del consumo (\$)	Demanda de energía (kW-mes)	Costo de Demanda (\$)	Costo por kW-Mes	Costo Total (\$)
Enero	278,495	\$0.08	\$21,934.98	1,149	\$3,447.00	\$3.00	\$25,381.98
Febrero	224,300	\$0.08	\$17,768.06	964	\$2,892.00	\$3.00	\$20,660.06
Marzo	135,597	\$0.07	\$8,832.33	742	\$2,226.00	\$3.00	\$11,058.33
Abril	192,428	\$0.08	\$14,470.02	829	\$2,487.00	\$3.00	\$16,957.02
Mayo	204,340	\$0.08	\$15,328.18	797	\$2,391.00	\$3.00	\$17,719.18
Junio	240,916	\$0.08	\$18,096.67	878	\$2,634.00	\$3.00	\$20,730.67
Julio	230,300	\$0.07	\$17,218.05	771	\$2,313.00	\$3.00	\$19,531.05
Agosto	218,918	\$0.08	\$16,449.57	916	\$2,748.00	\$3.00	\$19,197.57
Septiembre	186,722	\$0.08	\$14,043.50	685	\$2,055.00	\$3.00	\$16,098.50
Octubre	135,339	\$0.08	\$10,304.79	593	\$1,779.00	\$3.00	\$12,083.79
Noviembre	216,360	\$0.08	\$16,232.04	849	\$2,547.00	\$3.00	\$18,779.04
Diciembre	217,553	\$0.08	\$16,327.98	868	\$2,604.00	\$3.00	\$18,931.98
<b>Total Anual</b>	<b>2,481,268</b>	<b>-</b>	<b>\$187,006.17</b>	<b>10,041.00</b>	<b>\$30,123.00</b>	<b>-</b>	<b>\$217,129.17</b>
<b>Promedio Mensual</b>	<b>206,772</b>	<b>\$0.08</b>	<b>\$15,583.85</b>	<b>836.75</b>	<b>\$2,510.25</b>	<b>\$3.00</b>	<b>\$18,094.10</b>

Fuente: (CNEL, 2019)

Elaborado por: Autor



**Figura 2.1 Análisis del consumo de energía**

Fuente: (CNEL, 2019)

Elaborado por: Autor

### 3.3 Línea base energética

Para obtener la línea base energética se analizó la variable meses del año, dando como resultado que no es una adecuada variable para el análisis de eficiencia energética debido a que se tendrían los mismos meses del año del 2019 y del 2020, como es de conocimiento la universidad se encuentra cerrada desde el mes de abril por el Covid-19, esto significará que la universidad en este año tendrá un menor consumo de energía sin haber implementado una mejora de la eficiencia energética. La única variable que se podría considerar para la línea base es la variable "horas de funcionamiento" que se la obtuvo al dividir el consumo en kWh para la demanda facturada de cada mes, se procedió a realizar este cálculo por la falta de medidores individuales para cada edificio de la universidad. En la tabla 11 se puede observar las horas de funcionamiento mensual y las horas de funcionamiento diarias, siendo su promedio de 247.06 horas mensuales y 10.29 horas diarias.



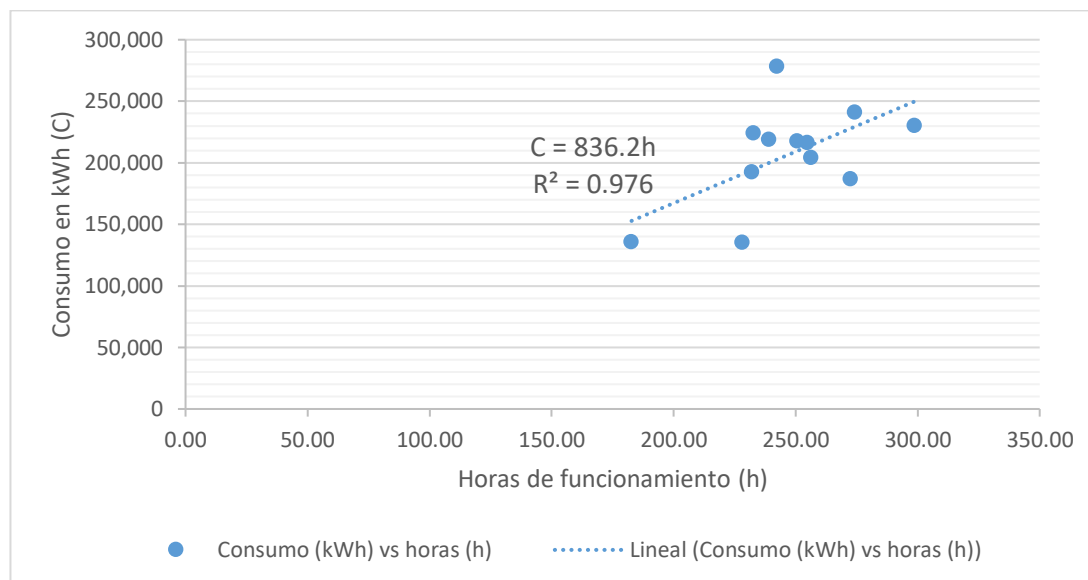
**Tabla 11 Horas de funcionamiento al mes y diarias**

Meses	Consumo kWh	Demanda de energía en kW	Horas de funcionamiento al mes	Horas de funcionamiento diarias
Enero	278,495	1,149	242.38	10.10
Febrero	224,300	964	232.68	9.69
Marzo	135,597	742	182.75	7.61
Abril	192,428	829	232.12	9.67
Mayo	204,340	797	256.39	10.68
Junio	240,916	878	274.39	11.43
Julio	230,300	771	298.70	12.45
Agosto	218,918	916	238.99	9.96
Septiembre	186,722	685	272.59	11.36
Octubre	135,339	593	228.23	9.51
Noviembre	216,360	849	254.84	10.62
Diciembre	217,553	868	250.64	10.44
<b>Total</b>	<b>2,481,268</b>	<b>10,041</b>	-	-
<b>Promedio</b>	<b>206,772.33</b>	<b>836.75</b>	<b>247.06</b>	<b>10.29</b>

Fuente: (CNEL, 2019)

Elaborado por: Autor

Al graficar la tabla 11 se obtiene como resultado el comportamiento del consumo (kWh) vs las horas de funcionamiento (h) (Figura 3.3) de la universidad en el 2019. De la gráfica 3.2 se determinó la ecuación de la línea base energética  $C = 836.2h$  con un  $R^2 = 0.97$ , donde C es el consumo de energía mensual en kWh y h son las horas de funcionamiento mensuales. Esta Línea Base Energética muestra el comportamiento del consumo energético actual de la universidad, la misma servirá para hacer una comparación con una futura Línea Base Energética con la implementación de las mejoras, la diferencia entre las dos curvas dará como resultado el ahorro obtenido por la universidad.

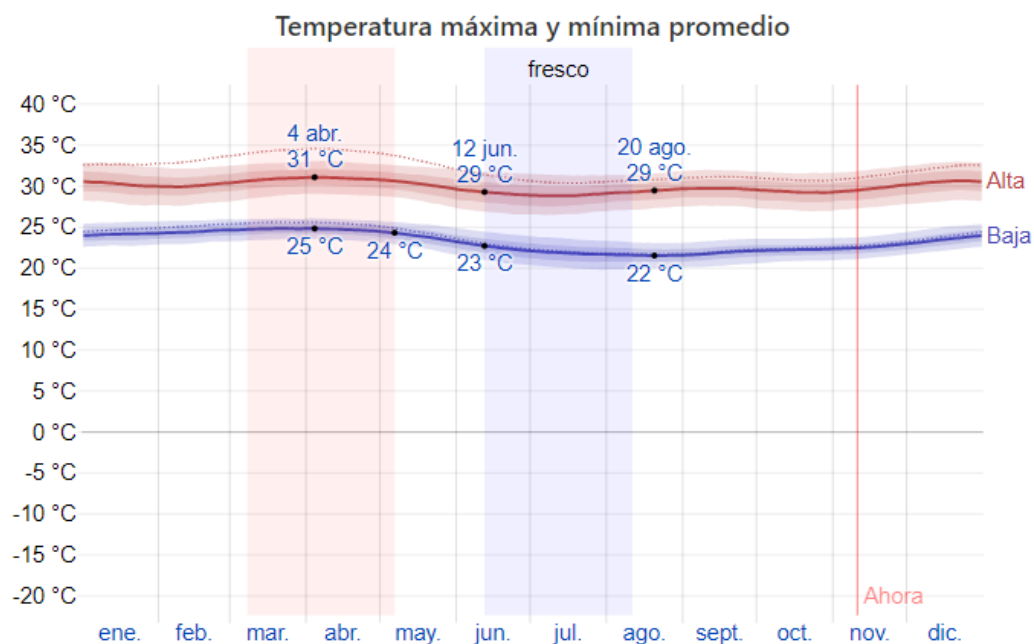


**Figura 2.2 Gráfico del consumo energético (kWh) vs horas de funcionamiento (h) en el 2019.**

**Fuente:** (CNEL, 2019)

**Elaborado por:** Autor

Las elevadas temperaturas del clima pueden traer incremento de costos por consumo de energía por motivos de climatización. En la figura 3.3 y en la tabla 12 se puede observar las distintas temperaturas registradas en la provincia del Guayas en los meses del año 2019 con los respectivos consumos de energía.



**Figura 2.3 Temperaturas en la provincia de la provincia del Guayas**  
Fuente: (Weather Spark, 2019)

**Tabla 12 Consumo kWh vs Temperaturas registradas en la provincia del Guayas**

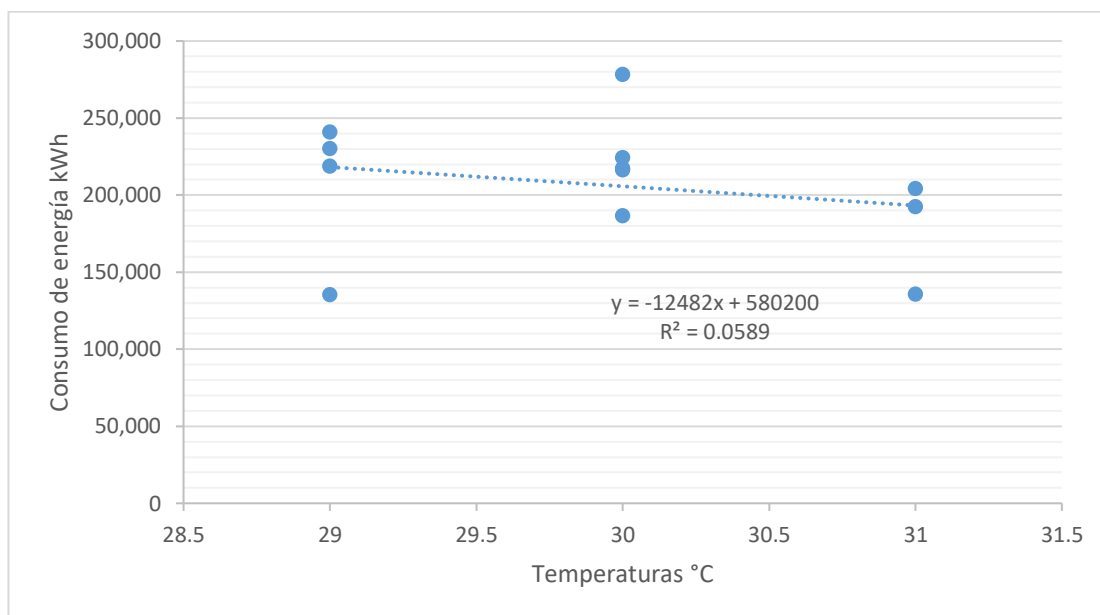
Meses	Consumo kWh	Temperaturas °C
Enero	278,495	30
Febrero	224,300	30
Marzo	135,597	31
Abril	192,428	31
Mayo	204,340	31
Junio	240,916	29
Julio	230,300	29
Agosto	218,918	29
Septiembre	186,722	30
Octubre	135,339	29
Noviembre	216,360	30
Diciembre	217,553	30

Fuente: (Weather Spark, 2019) & (CNEL, 2019)

**Elaborado por: Autor**

En la figura 3.4 se observa la gráfica consumo de energía (kWh) vs temperatura (°C) donde la línea de tendencia tiene un  $R^2 = 0.06$ , esto significa que existe una muy baja relación entre las variables consumo de energía (kWh) y temperatura (°C).

La línea de tendencia indica que hay una caída del consumo de energía mientras aumenta la temperatura, esto se debe a que no hay una relación entre las dos variables, ya que si se detiene el funcionamiento de la universidad como es la situación actual debido a la pandemia, habría una reducción del consumo de energía y se mantendrían aproximadamente las mismas temperaturas del 2019. Por ello se realizó la selección de las variables horas de funcionamiento vs consumo de energía eléctrica.



**Figura 2.4 Gráfica del consumo kWh vs Temperaturas registradas en la provincia del Guayas**

Fuente: (Weather Spark, 2019) & (CNEL, 2019)

**Elaborado por: Autor**

### 3.4 Auditoría energética

Para la realización de la auditoría energética fue necesario conocer el consumo energético de los distintos tipos de equipos eléctricos que se van a utilizar.

En el caso de la iluminación, la universidad posee un tipo de luminarias que son las T 12 con un consumo energético de 32 W, los datos del consumo energético promedio de los sistemas de climatización de la IES se detallan en la tabla 13, donde por la recategorización de la universidad en el 2016, la mayoría de los sistemas de climatización se los adquirió de la misma marca y mismas especificaciones técnicas para cumplir con los criterios de la recategorización.

“A nivel internacional la eficiencia de los aires acondicionados es comúnmente medido por el Factor de Eficiencia de Energía Ambiental (SEER: Seasonal Energy Efficiency Ratio). A medida que este índice sea mayor, representa una mejor tecnología y por lo tanto mayor eficiencia del Aire Acondicionado”. (Bolívar Hernández & Martínez Gómez, 2014)

$$Potencia\ real = \frac{Q\ subministrado}{SEER}$$

$$Potencia\ real = \frac{9,000\ BTU}{13} = 692\ W$$

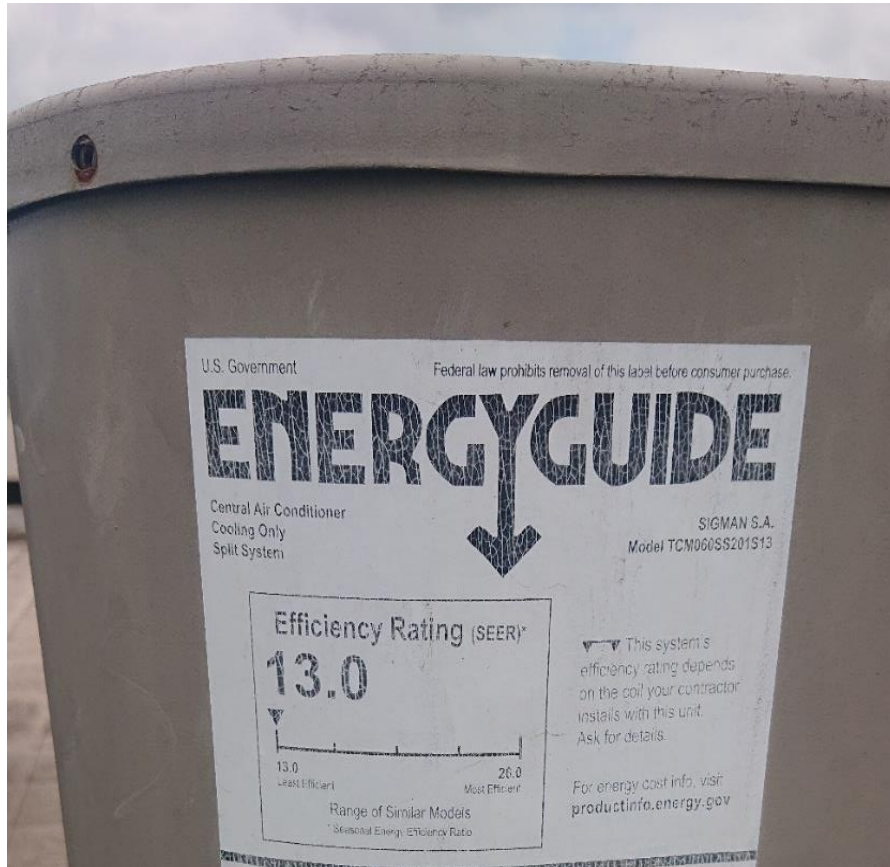
$$Potencia\ real = \frac{18,000\ BTU}{13} = 1,384.6\ W$$

$$Potencia\ real = \frac{24,000\ BTU}{13} = 1,846.1\ W$$

$$Potencia\ real = \frac{36,000\ BTU}{13} = 2,769.2\ W$$

$$Potencia\ real = \frac{60,000\ BTU}{13} = 4,615.4\ W$$

Como se puede observar en la figura 3.4, los equipos de climatización poseen un SEER de 13 y dada la anterior ecuación se puede obtener la tabla 13 con la potencia real de los distintos tipos de equipos de climatización de la universidad.



**Figura 2.5 SEER de los A/C de la Universidad**

**Elaborado por: Autor**

**Tabla 13 Consumo de A/C de la Universidad**

<b>A/C DE BAJA EFICIENCIA</b>	<b>kW</b>
A/C de 9,000 BTU	0.69
A/C de 12,000 BTU	0.92
A/C de 18,000 BTU	1.38
A/C de 24,000 BTU	1.84
A/C de 36,000 BTU	2.77
A/C de 60,000 BTU	4.61

**Fuente:** (Bolívar Hernández & Martínez Gómez, 2014)

**Elaborado por:** Autor

Para obtener el consumo de kWh/mes y la demanda mensual se deben utilizar las siguientes ecuaciones.

$$\text{Consumo} \frac{kWh}{mes} = \text{Cantidad} * \text{Potencia (Watts)} * \text{horas al mes} * \frac{1 kW}{1000 \text{ Watts}}$$

$$\text{Demanda kW} = \text{Cantidad} * \text{Potencia (Watts)} * \frac{1 kW}{1000 \text{ Watts}}$$

## Bloque K

El bloque K tiene 340 tubos T 12 de 32 W y 12 aires acondicionados para aulas de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W. Debido a que es un edificio de aulas se considera 206 horas de trabajo al mes (10.29 horas diarias), dando como resultado de 2,241.28 kWh/mes en iluminación y 6,847.44 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 9,088.72 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 14

**Tabla 14. Consumo energético en el bloque K**

<b>BLOQUE K</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	340	2,241.28	10.88
A/C de 36000 BTU	2,770	12	6,847.44	33.24
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	0	0.00	0.00
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>9,088.72</b>	<b>44.12</b>

**Elaborado por: Autor**



## Bloque I

El bloque I tiene 468 tubos T 12 de 32 W, 16 aires acondicionados para aulas de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W y 4 aires acondicionados de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W, debido a que es un edificio de aulas se consideró 206 horas de trabajo al mes (10.29 horas diarias), dando como resultado de 3,085.06 kWh/mes en iluminación y 9,890.47 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 12,975.53 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 15

**Tabla 15. Consumo energético del bloque I**

<b>BLOQUE I</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	468	3,085.06	14.98
A/C de 36000 BTU	2,770	16	9,129.92	44.32
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	4	760.55	3.69
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>12,975.53</b>	<b>62.99</b>

**Elaborado por: Autor**

## Bloque N

En el bloque N tiene 579 tubos T 12 de 32 W y 18 aires acondicionados para aulas de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W. Debido a que es un edificio de aulas se considera 206 horas de trabajo al mes (10.29 horas diarias), dando como resultado de 3,816.77 kWh/mes en iluminación y 10,271.16 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 14,087.93 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 16

**Tabla 16. Consumo energético del bloque N**

<b>BLOQUE N</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	579	3,816.77	18.53
A/C de 36000 BTU	2,770	18	10,271.16	49.86
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	0	0.00	0.00
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>14,087.93</b>	<b>68.39</b>

**Elaborado por: Autor**

### Bloque de idiomas

El bloque tiene 846 tubos T 12 de 32 W y 20 aires acondicionados para aulas de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W y 6 aires acondicionados para oficinas de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W. Debido a que es un edificio de aulas se considera 206 horas de trabajo al mes (10.29 horas diarias), dando como resultado de 5,576.83 kWh/mes en iluminación y 12,553.23 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 18,130.06 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 17

**Tabla 17. Consumo energético del bloque de idiomas**

<b>BLOQUE IDIOMAS</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	846	5,576.83	27.07
A/C de 36000 BTU	2,770	20	11,412.40	55.40
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	6	1,140.83	5.54
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>18,130.06</b>	<b>88.01</b>

**Elaborado por: Autor**

## Bloque H

El bloque H tiene 408 tubos T 12 de 32 W, 10 aires acondicionados para aulas de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W. Debido a que es un edificio de aulas se considera 206 horas de trabajo al mes (10.29 horas diarias), dando como resultado de 2,689.54 kWh/mes en iluminación y 5,706.20 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 8,395.74 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 18

**Tabla 18. Consumo energético del bloque H**

<b>BLOQUE H</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	408	2,689.54	13.06
A/C de 36000 BTU	2,770	10	5,706.20	27.70
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	0	0.00	0.00
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>8,395.74</b>	<b>40.76</b>

**Elaborado por: Autor**

## Bloque E

El bloque de E tiene 91 tubos T 12 de 32 W, un aire acondicionado para una aula de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W y 7 aires acondicionados para oficinas de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W. Debido a que es un edificio de aulas de posgrado se considera 124 horas de trabajo al mes (6,2 horas diarias), dando como resultado de 361.09 kWh/mes en iluminación y 1531,4 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 1,144.64 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 19

**Tabla 19. Consumo energético del bloque E**

<b>BLOQUE E</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	91	361.09	2.91
A/C de 36000 BTU	2,770	1	343.48	2.77
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	7	801.16	6.46
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>1,505.73</b>	<b>12.14</b>

**Elaborado por: Autor**

## Bloque L

El bloque L tiene 288 tubos T 12 de 32 W, 6 aires acondicionados para aulas de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W y 10 aires acondicionados para oficina, taller, laboratorios, consultorio, secretaria y logística de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W. Debido a que es un edificio de aulas se considera 206 horas de trabajo al mes (10.29 horas diarias), dando como resultado de 1,898.50 kWh/mes en iluminación y 5,325.1 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 7,223.60 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 20.

**Tabla 20. Consumo energético del bloque L**

<b>BLOQUE L</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	288	1,898.50	9.22
A/C de 36000 BTU	2,770	6	3,423.72	16.62
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	10	1,901.38	9.23
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>7,223.60</b>	<b>35.07</b>

**Elaborado por: Autor**

## Bloque A

El bloque A tiene 126 tubos T 12 de 32 W, 1 aire acondicionado para un laboratorio de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W y 5 aires acondicionados para aulas pequeñas de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W. Debido a que es un edificio de aulas se considera 206 horas de trabajo al mes (10.29 horas diarias), dando como resultado de 830.59 kWh/mes en iluminación y 1,521.31 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 2,351.90 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 21.

**Tabla 21. Consumo energético del bloque A**

<b>BLOQUE A</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	126	830.59	4.03
A/C de 36000 BTU	2,770	1	570.62	2.77
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	5	950.69	4.62
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>2,351.90</b>	<b>11.42</b>

**Elaborado por: Autor**

## Bloque S

El bloque S tiene 557 tubos T 12 de 32 W, 21 aires acondicionados para aulas de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W y 2 aires acondicionados para oficina y sala de profesores de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W. Debido a que es un edificio de aulas se considera 206 horas de trabajo al mes (10.29 horas diarias), dando como resultado de 3,671.74 kWh/mes en iluminación y 12,363.30 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 16,035.04 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 22

**Tabla 22. Consumo energético del bloque S**

<b>BLOQUE S</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	557	3,671.74	17.82
A/C de 36000 BTU	2,770	21	11,983.02	58.17
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	2	380.28	1.85
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>16,035.04</b>	<b>77.84</b>

**Elaborado por: Autor**



## Bloque P

El bloque P tiene 222 tubos T 12 de 32 W, 6 aires acondicionados para aulas de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W y 2 aires acondicionados para oficinas de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W. Debido a que es un edificio de aulas se considera 206 horas de trabajo al mes (10.29 horas diarias), dando como resultado de 1,463.42 kWh/mes en iluminación y 3,946.55 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 5,409.97 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 23

**Tabla 23. Consumo energético del bloque P**

<b>BLOQUE P</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	222	1,463.42	7.10
A/C de 36000 BTU	2,770	6	3,423.72	16.62
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	2	380.28	1.85
A/C de 9000 BTU	692	1	142.55	0.69
<b>Total</b>			<b>5,409.97</b>	<b>26.26</b>

**Elaborado por: Autor**

## Bloque F

El bloque F tiene 204 tubos T 12 de 32 W, 5 aires acondicionados para aulas de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W y 6 aires acondicionados para una oficina, sala de Tv, laboratorio de fotografía y sala de radio de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W. Debido a que es un edificio de aulas se considera 206 horas de trabajo al mes (10.29 horas diarias), dando como resultado de 1,344.77 kWh/mes en iluminación y 3,993.93 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 5,388.70 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 24

**Tabla 24. Consumo energético del bloque F**

<b>BLOQUE F</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	204	1,344.77	6.53
A/C de 36000 BTU	2,770	5	2,853.10	13.85
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	6	1,140.83	5.54
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>5,338.70</b>	<b>25.92</b>

**Elaborado por: Autor**

## Bloque J

El bloque J tiene 174 tubos T 12 de 32 W, 7 aires acondicionados para aulas de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W y 4 aires acondicionados para oficinas de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W. Debido a que es un edificio de aulas se consideró 206 horas de trabajo al mes (10.29 horas diarias), dando como resultado de 1,147.01 kWh/mes en iluminación y 4,754.89 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 5,901.90 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 25

**Tabla 25. Consumo energético del bloque J**

<b>BLOQUE J</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	174	1,147.01	5.57
A/C de 36000 BTU	2,770	7	3,994.34	19.39
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	4	760.55	3.69
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>5,901.90</b>	<b>28.65</b>

**Elaborado por: Autor**

## Bloque O

El bloque O tiene 168 tubos T 12 de 32 W, 8 aires acondicionados para aulas de 18,000 BTU con una potencia de entrada de 1,385 W. Debido a que es un edificio de aulas se considera 206 horas de trabajo al mes (10.29 horas diarias), dando como resultado de 1,107.46 kWh/mes en iluminación y 2,282.48 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 3,389.94 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 26

**Tabla 26. Consumo energético del bloque O**

<b>BLOQUE O</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	168	1,107.46	5.38
A/C de 36000 BTU	2,770	0	0.00	0.00
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	8	2,282.48	11.08
A/C de 12000 BTU	923	0	0.00	0.00
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>3,389.94</b>	<b>16.46</b>

**Elaborado por: Autor**

## Bloque T

El bloque T tiene 186 tubos T 12 de 32 W, 7 aires acondicionados para aulas de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W y 4 aires acondicionados para oficinas de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W. Debido a que es un edificio de aulas se consideró 206 horas de trabajo al mes (10.29 horas diarias), dando como resultado de 1,226.11 kWh/mes en iluminación y 4,754.89 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 5,981.00 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 27

**Tabla 27. Consumo energético del bloque T**

<b>BLOQUE T</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	186	1,226.11	5.95
A/C de 36000 BTU	2,770	7	3,994.34	19.39
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	4	760.55	3.69
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>5,981.00</b>	<b>29.03</b>

**Elaborado por: Autor**

### Bloque M

El bloque M tiene 204 tubos T 12 de 32 W, 10 aires acondicionados para laboratorios de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W. Debido a que es un edificio de aulas se considera 206 horas de trabajo al mes (10.29 horas diarias), dando como resultado de 1,344.77 kWh/mes en iluminación y 5,706.20 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 7,050.97 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 28

**Tabla 28. Consumo energético del bloque M**

<b>BLOQUE M</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	204	1,344.77	6.53
A/C de 36000 BTU	2,770	10	5,706.20	27.70
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	0	0.00	0.00
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>7,050.97</b>	<b>34.23</b>

**Elaborado por: Autor**

## Edificio CRAI

El edificio CRAI es una instalación destinada a la biblioteca de la universidad y oficinas de docentes, tiene 1,740 tubos T 12 de 32 W, 30 aires acondicionados de 60,000 BTU con una potencia de entrada de 4,615 W, 3 aires acondicionados de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W, 6 aires acondicionados de 24,000 BTU con una potencia de entrada de 1,846 W, 9 aires acondicionados de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W y 2 aires acondicionados de 9,000 BTU con una potencia de entrada de 692 W, debido a que es un edificio de docentes y biblioteca se considera 206 horas de trabajo al mes (12 horas diarias), dando como resultado de 11,470.08 kWh/mes en iluminación y 34,510.56 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 45,980.64 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 29

**Tabla 29. Consumo del edificio CRAI**

<b>CRAI</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	1740	11,470.08	55.68
A/C de 60000 BTU	4,615	30	28,520.70	138.45
A/C de 48000 BTU	3,692	0	0.00	0.00
A/C de 36000 BTU	2,770	3	1,711.86	8.31
A/C de 24000 BTU	1,846	6	2,281.66	11.08
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	9	1,711.24	8.31
A/C de 9000 BTU	692	2	285.10	1.38
<b>Total</b>			<b>45,980.64</b>	<b>223.21</b>

**Elaborado por: Autor**

## Bloque B

Es un edificio administrativo donde se encuentran las oficinas de Admisión y Nivelación, Obras Universitarias y Bienestar Universitario, tiene 264 tubos T 12 de 32 W, 10 aires acondicionados de 24,000 BTU con una potencia de entrada de 1,846 W, 1 aire acondicionado de 18,000 BTU con una potencia de entrada de 1,385 W, 10 aires acondicionados de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W y 2 aires acondicionados de 9,000 BTU con una potencia de entrada de 692 W, debido a que es un edificio administrativo se considera 160 horas de trabajo al mes (8 horas diarias), dando como resultado de 1,351.68 kWh/mes en iluminación y 4,873.44 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 6,225.12 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 30

**Tabla 30. Consumo energético del bloque B**

<b>BLOQUE B</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	264	1,351.68	8.45
A/C de 36000 BTU	2,770	0	0.00	0.00
A/C de 24000 BTU	1,846	10	2,953.60	18.46
A/C de 18000 BTU	1,385	1	221.60	1.39
A/C de 12000 BTU	923	10	1,476.80	9.23
A/C de 9000 BTU	692	2	221.44	1.38
<b>Total</b>			<b>6,225.12</b>	<b>38.91</b>

**Elaborado por: Autor**



### Bloque C

Es un edificio administrativo donde se encuentran las oficinas de Unidad de Talento Humano, Investigación, Dirección administrativa y la Imprenta, tiene 144 tubos T 12 de 32 W, 10 aires acondicionados de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W, debido a que es un edificio administrativo se considera 160 horas de trabajo al mes (8 horas diarias), dando como resultado de 737.28 kWh/mes en iluminación y 1,476.80 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 2,214.08 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 31.

**Tabla 31. Consumo energético del bloque C**

<b>BLOQUE C</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	144	737.28	4.61
A/C de 36000 BTU	2,770	0	0.00	0.00
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	10	1,476.80	9.23
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>2,214.08</b>	<b>13.84</b>

**Elaborado por: Autor**

### Bloque D

Es un edificio donde se encuentra la FEUE (Federación de estudiantes) y la oficina de la escuela de conducción, tiene 54 tubos T 12 de 32 W, 1 aire acondicionado de 18,000 BTU con una potencia de entrada de 1,385 W y 4 aires acondicionados de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W. Debido a que es un edificio administrativo se considera 160 horas de trabajo al mes (8 horas diarias), dando como resultado de 276.48 kWh/mes en iluminación y 812.32 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 1,088.80 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 32.

**Tabla 32. Consumo energético del bloque D**

<b>BLOQUE D</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	54	276.48	1.73
A/C de 36000 BTU	2,770	0	0.00	0.00
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	1	221.60	1.39
A/C de 12000 BTU	923	4	590.72	3.69
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>1,088.80</b>	<b>6.81</b>

**Elaborado por: Autor**

### Bloque G

Es un edificio donde se encuentra la oficina del Administrador General de la universidad, Subestación eléctrica y la Bodega General, tiene 36 tubos T 12 de 32 W y 4 aires acondicionados de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W. Debido a que es un edificio administrativo se considera 160 horas de trabajo al mes (8 horas diarias), dando como resultado de 184.32 kWh/mes en iluminación y 590.72 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 775.04 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 33

**Tabla 33. Consumo energético del bloque G**

<b>BLOQUE G</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	36	184.32	1.15
A/C de 36000 BTU	2,770	0	0.00	0.00
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	0	0.00	0.00
A/C de 12000 BTU	923	4	590.72	3.69
A/C de 9000 BTU	692	0	0.00	0.00
<b>Total</b>			<b>775.04</b>	<b>4.84</b>

**Elaborado por: Autor**

## Bloque R

En este edificio se encuentra el Rectorado, Vicerrectorado, Finanzas, Contabilidad, Asesoría Jurídica, Auditoría Interna, Secretaría General y la sala de sesiones, tiene 93 tubos T 12 de 32 W, 10 aires acondicionados de 36,000 BTU con una potencia de entrada de 2,770 W, 1 aire acondicionado de 18,000 BTU con una potencia de entrada de 1,385 W, 4 aires acondicionados de 12,000 BTU con una potencia de entrada de 923 W y 5 aires acondicionados de 9,000 BTU con una potencia de entrada de 69 W. Debido a que es un edificio administrativo se consideró 160 horas de trabajo al mes (8 horas diarias), dando como resultado de 476.16 kWh/mes en iluminación y 5,299.68 kWh/mes en climatización, dando un consumo total de 5,775.84 kWh/mes en este edificio como se observa en la tabla 34.

**Tabla 34. Consumo energético del bloque R**

<b>BLOQUE R</b>				
<b>RESUMEN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo kWh/mes</b>	<b>Demanda de energía (kW)</b>
Tubos T 12	32	93	476.16	2.98
A/C de 36000 BTU	2,770	10	4,432.00	27.70
A/C de 24000 BTU	1,846	0	0.00	0.00
A/C de 18000 BTU	1,385	1	221.60	1.39
A/C de 12000 BTU	923	4	590.72	3.69
A/C de 9000 BTU	692	5	553.60	3.46
<b>Total</b>			<b>6,274.08</b>	<b>39.21</b>

**Elaborado por: Autor**

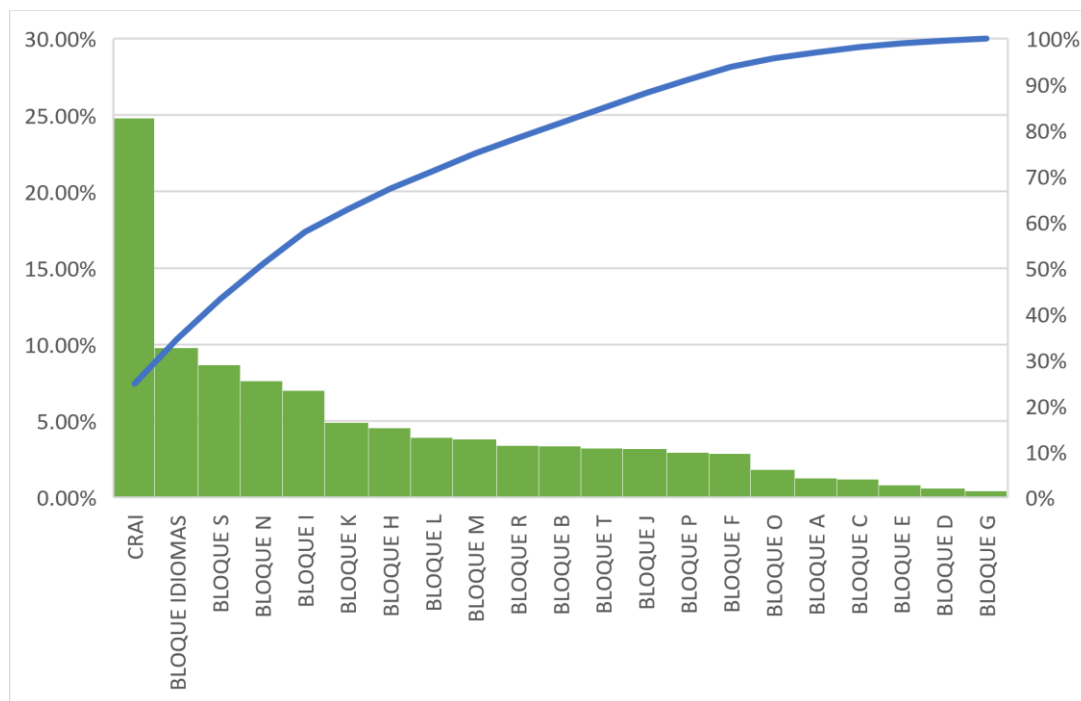
### **Resumen del consumo energético por bloques**

El consumo energético por bloques consiste en la sumatoria del consumo energético de cada bloque de la universidad para determinar el consumo total de la universidad a través del conteo de luces y aires acondicionados, como se observa en la tabla 35. Esta sumatoria da como resultado un consumo mensual de 185,424.48 kWh. Así también se puede observar que el bloque CRAI posee un 24.80% del consumo neto de la universidad, siendo este el edificio que más consumo energético posee. Realizando el Análisis Pareto se determina que los edificios CRAI, IDIOMAS, S, N, I, K, H, L, M, R constituyen el 78.33% (azul) del consumo energético total de la Universidad y los bloques B, T, J, F, P, O, A, C, E, D, G el 21.67% restante como se observa en la tabla 35 y figura 3.6.

**Tabla 35. Consolidado del consumo energético por bloque**

Bloque	Actual			
	Consumo de energía en kWh al mes	Demanda de energía en kW	Porcentaje del consumo de energía por edificio	Porcentaje acumulado
CRAI	45,980.64	223.21	24.80%	24.80%
IDIOMAS	18,130.06	88.01	9.78%	34.58%
BLOQUE S	16,035.04	77.84	8.65%	43.22%
BLOQUE N	14,087.93	68.39	7.60%	50.82%
BLOQUE I	12,975.53	62.99	7.00%	57.82%
BLOQUE K	9,088.72	44.12	4.90%	62.72%
BLOQUE H	8,395.74	40.76	4.53%	67.25%
BLOQUE L	7,223.60	35.07	3.90%	71.14%
BLOQUE M	7,050.97	34.23	3.80%	74.95%
BLOQUE R	6,274.08	39.21	3.38%	78.33%
BLOQUE B	6,225.12	38.91	3.36%	81.69%
BLOQUE T	5,981.00	29.03	3.23%	84.91%
BLOQUE J	5,901.90	28.65	3.18%	88.10%
BLOQUE P	5,409.97	26.26	2.92%	91.01%
BLOQUE F	5,338.70	25.92	2.88%	93.89%
BLOQUE O	3,389.94	16.46	1.83%	95.72%
BLOQUE A	2,351.90	11.42	1.27%	96.99%
BLOQUE C	2,214.08	13.84	1.19%	98.18%
BLOQUE E	1,505.73	12.14	0.81%	98.99%
BLOQUE D	1,088.80	6.81	0.59%	99.58%
BLOQUE G	775.04	4.84	0.42%	100.00%
TOTAL	185,424.48	928.09	100.00%	

Elaborado por: Autor



**Figura 2.6 Histograma Pareto del consumo de energía por bloques**

Elaborado por: Autor

### Otros consumos de energía

En otros consumos de energía consiste en computadoras, televisores en las aulas, computadoras en los laboratorios de computación, microscopios, laptops y cargadores de celular de docentes y estudiantes, computadoras e impresoras del personal administrativo, para este estudio no se los considera debido a que su consumo es incierto y no existen oportunidades de ahorro energético en estos equipos, el consumo total de estos equipos es de 18,400.00 kWh al mes como se observa en la tabla 36.

**Tabla 36 Otros consumos de energía**

<b>Otros consumos de energía</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Potencia en kW</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Horas de uso diarias</b>	<b>Total en kWh- mes</b>
<b>Aulas</b>				
Computadoras y Laptops	0.2	129	160	4,128.00
Televisores	0.3	129	160	6,192.00
<b>Administrativos</b>				
Computadoras	0.2	200	160	6,400.00
Impresoras	0.3	35	160	1,680.00
<b>Total</b>				<b>18,400.00</b>

**Elaborado por: Autor**

Estos equipos representan el 9.03% del consumo de energía total de la universidad como se observa en la tabla 37. La suma total da como resultado un consumo mensual de 203,824.48 kWh, lo cual se acerca al consumo promedio real de energía mensual de 206,772.33 kWh.

**Tabla 37 Consumo de energía por iluminación, climatización y otros**

	<b>kWh -mes</b>	<b>Porcentaje</b>
Consumo de energía por iluminación y climatización	185,424.48	90.97%
Otros consumos de energía	18,400.00	9.03%
<b>Total del consumo de energía</b>	<b>203,824.48</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por: Autor**



### **3.5 Análisis de la capacidad instalada de iluminación y climatización**

Se analizará si la capacidad instalada de iluminación y climatización es la correcta, para que en la propuesta hacer cambios ya sea de número de equipos por área o cambios en la potencia de los equipos instalados.

#### **Análisis de la capacidad instalada de iluminación**

Un salón de clases o una oficina debe tener entre 300 a 750 luxes (Reglamento Técnico de iluminación, 2018) y un lux es un lumen por metro cuadrado. Las aulas y las oficinas de la Universidad poseen 3 focos fluorescentes de 32 watts con una iluminación de 3,300 a 3,900 lúmenes por cada 9 metros cuadrados, dando como resultado que las aulas y las oficinas poseen entre 366 a 433 luxes.

#### **Análisis de la capacidad instalada de climatización**

Una persona en actividad de oficina emite 500 BTU por hora de calor según (Carrión Romero & Romero Loján, 2017), las aulas de la universidad tienen una capacidad máxima para 50 estudiantes, lo cual da como resultado 25,000 BTU de calor emitidos por aula, esto significa que la capacidad instalada de 36,000 BTU si es de acorde a la necesaria.

# CAPÍTULO 4

## 4. PROPUESTA DE EFICIENCIA ENERGETICA

La propuesta para la eficiencia energética en la universidad se basa en la utilización de luces led, aires acondicionados inverter y análisis de costos de una planta fotovoltaica.

Con las propuestas de eficiencia energética planteadas se desea conocer la inversión aproximada, los nuevos consumos energéticos que tendría la universidad, el porcentaje de ahorro de energía en comparación al 2019 y finalmente estimar el retorno de la inversión en años.

### 4.1 Luminarias led

En la auditoria energética realizada en la universidad se encontraron tubos fluorescentes T 12 de 32 W, como se puede observar en la tabla 38 poseen una eficiencia del 60% y si se desea una luminaria de mayor eficiencia se las puede reemplazar por la tecnología Led. Una luminaria Led de 15 W sería el equivalente de las lámparas fluorescentes T 12 de 32W, para garantizar la misma capacidad lumínica, pero de mayor eficiencia energética.

**Tabla 38 Tabla de equivalencia de iluminación**

LED	INCANDESCENTES Y HALÓGENAS	BAJO CONSUMO	TUBOS FLUORESCENTES	HALOGENUROS METÁLICOS	VAPOR DE SODIO	VAPOR DE SODIO SIN BALASTRO	LÚMENES
% AHORRO	90%	72%	64%	61%	73%	87%	
2w	20w	6w					80-120
3w	35w	8w					120-250
5w	40w	11w					280-380
6w	50w	13w	12w				360-450
7w	60w	15w	14w				450-600
9w	70w	18w	18w				600-800
10w	80w	20w	20w				750-850
12w	100w	25w	25w				800-950
13w	110w	30w	28w				900-1.000
15w	120w	40w	32w				1.100-1.300
18w	140w	50w	36w				1.250-1.500

**Fuente:** (Bgenostore, 2016)

En la universidad existe un total de 7,194 tubos T 12 de 32 W con un consumo de energía de 46,300.93 kWh/mes, que se los reemplaza por Led de 15 W, con un consumo total de energía de 21,703.56 kWh/mes, este cambio de luminarias generaría un ahorro de 24,597.37 kWh/mes esto significa un ahorro del 53.12% de energía como se puede observar en la tabla 39

**Tabla 39 Ahorro de energía por cambio de luminarias**

Bloque	Horas de trabajo en el edificio al mes	Tubos T 12	Consumo de energía	Focos Led	Consumo de energía	Ahorro por Iluminación
		32		15		
		W	kWh/mes	W	kWh/mes	
		Cantidad	T 12	Cantidad	Led	
BLOQUE K	206	340	2,241.28	340	1,050.60	1,190.68
BLOQUE I	206	468	3,085.06	468	1,446.12	1,638.94
BLOQUE N	206	579	3,816.77	579	1,789.11	2,027.66
IDIOMAS	206	846	5,576.83	846	2,614.14	2,962.69
BLOQUE H	206	408	2,689.54	408	1,260.72	1,428.82
BLOQUE E	124	91	361.09	91	169.26	191.83
BLOQUE L	206	288	1,898.50	288	889.92	1,008.58
BLOQUE A	206	126	830.59	126	389.34	441.25
BLOQUE S	206	557	3,671.74	557	1,721.13	1,950.61
BLOQUE P	206	222	1,463.42	222	685.98	777.44
BLOQUE F	206	204	1,344.77	204	630.36	714.41
BLOQUE J	206	174	1,147.01	174	537.66	609.35
BLOQUE O	206	168	1,107.46	168	519.12	588.34
BLOQUE T	206	186	1,226.11	186	574.74	651.37
BLOQUE M	206	204	1,344.77	204	630.36	714.41
CRAI	206	1,740	11,470.08	1,740	5,376.60	6,093.48
BLOQUE B	160	264	1,351.68	264	633.60	718.08
BLOQUE C	160	144	737.28	144	345.60	391.68
BLOQUE D	160	54	276.48	54	129.60	146.88
BLOQUE G	160	36	184.32	36	86.40	97.92
BLOQUE R	160	93	476.16	93	223.20	252.96
<b>TOTAL</b>	<b>4,014</b>	<b>7,192</b>	<b>46,300.93</b>	<b>7,192</b>	<b>21,703.56</b>	<b>24,597.37</b>

Elaborado por: Autor

## 4.2 Sistema de climatización inverter

En la auditoria energética realizada en la universidad se encontraron aires acondicionados (A/C) de 9,000, 12,000, 18,000, 24,000, 36,000, 48,000 BTU y 60,000 BTU son aires acondicionados de baja eficiencia que están en la categoría B y C con un SEER de 13. La universidad puede reemplazar estos equipos de climatización por la tecnología inverter que están en la categoría A de eficiencia con un SEER de 18, que puede generar un ahorro de energía de hasta el 20% como se puede observar en la tabla 40

**Tabla 40 Consumo de A/C de baja eficiencia e Inverter**

<b>A/C DE BAJA EFICIENCIA</b>	<b>kW</b>	<b>A/C INVERTER</b>	<b>kW</b>
A/C de 9,000 BTU	0.69	A/C de 9,000 BTU Inverter	0.5
A/C de 12,000 BTU	0.92	A/C de 12,000 BTU Inverter	0.66
A/C de 18,000 BTU	1.38	A/C de 18,000 BTU Inverter	1
A/C de 24,000 BTU	1.85	A/C de 24,000 BTU Inverter	1.33
A/C de 36,000 BTU	2.77	A/C de 36,000 BTU Inverter	2
A/C de 60,000 BTU	4.60	A/C de 60,000 BTU Inverter	3.33

**Fuente:** (Bolívar Hernandez & Martínez Gomez, 2014)

**Elaborado por: Autor**

En la universidad existen 10 (A/C) de 9,000, 91 (A/C) de 12,000, 11 (A/C) de 18,000, 26 (A/C) de 24,000, 153 (A/C) de 36,000 y 30 (A/C) de 60,000 BTU con un consumo de energía total de 138,639.86 kWh/mes como se puede observar en la tabla 41. La misma cantidad de aires acondicionados antes mencionados se los reemplazará con tecnología inverter, con un consumo total de energía de 100,322.28 kWh/mes como se puede observar en la tabla 42.

**Tabla 41 A/C de baja eficiencia de la Universidad**

Bloque	Horas de trabajo en el edificio	A/C						Consumo de energía en kWh/mes
		9,000 BTU	12,000 BTU	18,000 BTU	24,000 BTU	36,000 BTU	60,000 BTU	
		0.69	0.92	1.38	1.84	2.76	4.6	
		kW	kW	kW	kW	kW	kW	
Cantidad								
BLOQUE K	206					12		6,822.72
BLOQUE I	206		4			16		9,855.04
BLOQUE N	206					18		10,234.08
IDIOMAS	206		6			20		12,508.32
BLOQUE H	206					10		5,685.60
BLOQUE E	124		7			1		1,140.80
BLOQUE L	206		10			6		5,306.56
BLOQUE A	206		5			1		1,516.16
BLOQUE S	206		2			21		12,318.80
BLOQUE P	206	1	2			6		3,932.54
BLOQUE F	206		6			5		3,979.92
BLOQUE J	206		4			7		4,738.00
BLOQUE O	206			8				2,274.24
BLOQUE T	206		4			7		4,738.00
BLOQUE M	206					10		5,685.60
CRAI	206	2	9	0	6	3	30	34,397.88
BLOQUE B	160	2	10	1	10			4,857.60
BLOQUE C	160		10					1,472.00
BLOQUE D	160		4	1				809.60
BLOQUE G	160		4					588.80
BLOQUE R	160	5	4	1		10		5,777.60
<b>TOTAL</b>	<b>4,014</b>	<b>10</b>	<b>91</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>153</b>	<b>30</b>	<b>138,639.86</b>

Elaborado por: Autor

Tabla 42 Propuesta de A/C Inverter

Bloque	Horas de trabajo en el edificio	A/C INVERTER						Consumo de energía en kWh/mes
		9,000 BTU	12,000 BTU	18,000 BTU	24,000 BTU	36,000 BTU	60,000 BTU	
		0.5	0.66	1	1.33	2	3.33	
		kW	kW	kW	kW	kW	kW	
Cantidad								
BLOQUE K	206	0	0	0	0	12	0	4,944.00
BLOQUE I	206	0	4	0	0	16	0	7,135.84
BLOQUE N	206	0	0	0	0	18	0	7,416.00
IDIOMAS	206	0	6	0	0	20	0	9,055.76
BLOQUE H	206	0	0	0	0	10	0	4,120.00
BLOQUE E	124	0	7	0	0	1	0	820.88
BLOQUE L	206	0	10	0	0	6	0	3,831.60
BLOQUE A	206	0	5	0	0	1	0	1,091.80
BLOQUE S	206	0	2	0	0	21	0	8,923.92
BLOQUE P	206	1	2	0	0	6	0	2,846.92
BLOQUE F	206	0	6	0	0	5	0	2,875.76
BLOQUE J	206	0	4	0	0	7	0	3,427.84
BLOQUE O	206	0	0	8	0	0	0	1,648.00
BLOQUE T	206	0	4	0	0	7	0	3,427.84
BLOQUE M	206	0	0	0	0	10	0	4,120.00
CRAI	206	2	9	0	6	3	30	24,888.92
BLOQUE B	160	2	10	1	10	0	0	3,504.00
BLOQUE C	160	0	10	0	0	0	0	1,056.00
BLOQUE D	160	0	4	1	0	0	0	582.40
BLOQUE G	160	0	4	0	0	0	0	422.40
BLOQUE R	160	5	4	1	0	10	0	4,182.40
<b>TOTAL</b>	<b>4,014</b>	<b>10</b>	<b>91</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>153</b>	<b>30</b>	<b>100,322.28</b>

Elaborado por: Autor

Este cambio de sistema de climatización genera un ahorro del consumo de energía eléctrica de 38,317.58 kWh/mes, que significa un ahorro del 27.64% de energía como se puede observar en la tabla 43

**Tabla 43 Ahorro de energía con A/C Inverter**

	<b>Sistema de climatización actual</b>	<b>Sistema de climatización Inverter</b>	<b>Ahorro</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Consumo de energía total kWh/mes</b>	138,639.86	100,322.28	38,317.58	27.64%

Elaborado por: Autor

### 4.3 Ahorro de energía de la propuesta

Sumando los consumos de energía de iluminación Led y sistemas de climatización inverter, da como resultado el consumo total de energía de la propuesta de 122,025.84 kWh/mes y comparándolo con el consumo de energía actual antes calculado (auditoria energética) da como resultado un ahorro de energía de 63,398.64 kWh/mes con un porcentaje del 34.19% como se puede observar en la tabla 44

**Tabla 44. Ahorro de energía de la propuesta**

<b>Consumo de energía actual en kWh</b>	<b>Consumo de energía de la propuesta en kWh</b>	<b>Ahorro en kWh</b>	<b>Porcentaje</b>
185,424.48	122,025.84	63,398.64	34.19%

Elaborado por: Autor



En la tabla 45 se tiene el resumen del consumo de energía en kWh y demanda de energía en kW con la situación actual de la Universidad y con la propuesta planteada, se tiene una demanda de energía actual teórica de 928.09 kW y con la propuesta planteada se tendría una demanda de energía de 611.12 kW.

**Tabla 45 Resumen por bloques del consumo de energía kWh y demanda de energía kW actual y con la propuesta**

Bloque	Actual		Propuesta		Ahorro de energía en kWh-Mes	Ahorro de energía en %
	Consumo de energía en kWh al mes	Demanda de energía en kW	Consumo de energía en kWh al mes	Demanda de energía en kW		
CRAI	45,980.64	223.21	30,265.52	146.92	15,715.1	34.18%
IDIOMAS	18,130.06	88.01	11,669.90	56.65	6,460.16	35.63%
BLOQUE S	16,035.04	77.84	10,645.05	51.68	5,389.99	33.61%
BLOQUE N	14,087.93	68.39	9,205.11	44.69	4,882.82	34.66%
BLOQUE I	12,975.53	62.99	8,581.96	41.66	4,393.57	33.86%
BLOQUE K	9,088.72	44.12	5,994.60	29.10	3,094.12	34.04%
BLOQUE H	8,395.74	40.76	5,380.72	26.12	3,015.02	35.91%
BLOQUE L	7,223.60	35.07	4,721.52	22.92	2,502.08	34.64%
BLOQUE M	7,050.97	34.23	4,750.36	23.06	2,300.61	32.63%
BLOQUE R	6,274.08	39.21	4,405.60	27.54	1,868.48	29.78%
BLOQUE B	6,225.12	38.91	4,137.60	25.86	2,087.52	33.53%
BLOQUE T	5,981.00	29.03	4,002.58	19.43	1,978.42	33.08%
BLOQUE J	5,901.90	28.65	3,965.50	19.25	1,936.40	32.81%
BLOQUE P	5,409.97	26.26	3,532.90	17.15	1,877.07	34.70%
BLOQUE F	5,338.70	25.92	3,506.12	17.02	1,832.58	34.33%
BLOQUE O	3,389.94	16.46	2,167.12	10.52	1,222.82	36.07%
BLOQUE A	2,351.90	11.42	1,481.14	7.19	870.76	37.02%
BLOQUE C	2,214.08	13.84	1,401.60	8.76	812.48	36.70%
BLOQUE E	1,505.73	12.14	990.14	7.99	515.59	34.24%
BLOQUE D	1,088.80	6.81	712.00	4.45	376.80	34.61%
BLOQUE G	775.04	4.84	508.80	3.18	266.24	34.35%
TOTAL	185,424.48	928.09	122,025.8	611.12	63,398.6	34.19%

Elaborado por: Autor

#### 4.4 Costo de la propuesta

Para el costo de inversión de la propuesta se investigó los precios de los diferentes equipos a reemplazar, junto con la sumatoria de equipos de cada edificio de la universidad, se consideró un costo por mano de obra de un 10% e IVA del 12%, dando un total de inversión de \$336,730.24 como se puede observar en la tabla 46

**Tabla 46 Costo de inversión de la propuesta**

Descripción	Precio por unidad	Cantidad	Costo
Tubos Led de 15 W	\$ 2.50	7,192	\$ 17,980.00
A/C Inverter de 9,000 BTU	\$ 309.00	10	\$ 3,090.00
A/C Inverter de 12,000 BTU	\$ 420.00	91	\$ 38,220.00
A/C Inverter de 18,000 BTU	\$ 760.00	11	\$ 8,360.00
A/C Inverter de 24,000 BTU	\$ 850.00	26	\$ 22,100.00
A/C Inverter de 36,000 BTU	\$ 990.00	143	\$141,570.00
A/C Inverter de 60,000 BTU	\$ 1,400.00	30	\$ 42,000.00
Subtotal			\$273,320.00
10% de Mano de obra			\$ 27,332.00
12% IVA			\$ 36,078.24
<b>Total</b>			<b>\$336,730.24</b>

Elaborado por: Autor

#### 4.5 Cálculo del costo de energía (USD/kWh) e inversión inicial de una planta de energía fotovoltaica

El costo de la energía fotovoltaica puede ser expresado por la siguiente ecuación (Muñoz Vizñay, Rojas Moncayo, & Barreto Calle, 2018).

:

$$C = \left[ \left( \frac{r(1+r)^N}{(1+r)^N - 1} \right) + OM \right] \frac{I_{nv}}{8760x C_F}$$

Considerando, la tasa de descuento del  $r = 7\%$  como costo de oportunidad; vida útil del sistema  $N=20$  años; los costos anuales de operación y mantenimiento  $OM = 1\%$  del costo total de inversión y, el factor de capacidad  $CF = 15\%$  y el costo de la inversión inicial  $I_{nv} = 0.78 \text{ USD}/W$ . E. Landívar (comunicación personal, 3 de octubre del 2020). De esta manera el costo de energía producida por el sistema fotovoltaico es de  $0.06 \text{ USD}/kWh$ .

$$C = \left[ \left( \frac{0.07(1+0.07)^{20}}{(1+0.07)^{20} - 1} \right) + \left( 0.01 * 0.78 \frac{USD}{W} \right) \right] \frac{0.78 \frac{USD}{W}}{8760x(0.15)} = 0.06 \text{ USD}/kWh$$

La energía suministrada por la planta fotovoltaica se lo hará a los edificios que constituyen el 80% del consumo total de energía de la Universidad, como se observó en el capítulo anterior en el análisis Pareto. Con las propuestas planteadas para estos edificios se espera una demanda total de energía de  $470.33 \text{ kW}$  como se observa en la tabla 47, se multiplica el costo de inversión de  $780 \text{ USD}/kW$  correspondiente a la planta fotovoltaica por la demanda total en  $kW$ , esto nos da una inversión inicial de  $366,857.4 \text{ USD}$ .

**Tabla 47 Edificios de la Universidad que consumen el 80% del consumo energético**

Bloque	Propuesta	
	Consumo de energía en kWh al mes	Demanda de energía en kW
CRAI	30,265.52	146.92
IDIOMAS	11,669.90	56.65
BLOQUE S	10,645.05	51.68
BLOQUE N	9,205.11	44.69
BLOQUE I	8,581.96	41.66
BLOQUE K	5,994.60	29.10
BLOQUE H	5,380.72	26.12
BLOQUE L	4,721.52	22.92
BLOQUE M	4,750.36	23.06
BLOQUE R	4,405.60	27.54
<b>Total</b>	<b>95,620.34</b>	<b>470.33</b>

Elaborado por: Autor

#### 4.6 Cálculo del ahorro del costo de energía con las propuestas y análisis del retorno de la inversión

##### Propuesta 1: a/c inverter y luces led

En lo antes mencionado en la tabla 3.6 se obtuvo un costo promedio de 0.08 USD/kWh y un costo promedio de la demanda de 3.00 USD/kW al mes facturado por CNEL y en la tabla 45 se obtuvo el total del consumo de energía y demanda de energía al mes actual y con la propuesta del cambio de aires acondicionados e iluminación.

Como se puede observar en la tabla 48 el costo total de energía en la situación actual de la Universidad es de 17,618.22 USD/mes.

**Tabla 48 Costo total de energía en la situación actual**

Actual						
Total del consumo de energía en kWh al mes	Costo promedio por kWh	Total del costo del consumo kWh-mes	Total de demanda de energía al mes	Costo promedio de la demanda	Total del costo de la demanda de energía-mes	Costo total de energía-mes
185,424.48	\$ 0.08	\$14,833.96	928.09	\$ 3.00	\$ 2,784.26	\$17,618.22

Elaborado por: Autor

En la tabla 49 se obtiene un costo total de energía de 11,595.43 USD/mes con la implementación de la propuesta en la Universidad.

**Tabla 49 Costo total de la energía con la implementación de la propuesta**

Propuesta						
Total del consumo de energía en kWh al mes	Costo promedio por kWh	Total del costo del consumo kWh-mes	Total de demanda de energía al mes	Costo promedio de la demanda	Total del costo de la demanda de energía-mes	Costo total de energía-mes
122,025.84	\$ 0.08	\$ 9,762.07	611.12	\$ 3.00	\$ 1,833.36	\$11,595.43

Elaborado por: Autor

Comparando el costo total de energía actual con el costo total de energía con la propuesta, esto genera un ahorro mensual de 6,022.80 USD/mes o 72,273.54 USD/anual como se puede observar en la tabla 50

**Tabla 50 Ahorro del costo de energía mensual y anual**

Actual	Propuesta	Ahorro del costo de energía al mes	Ahorro del costo de energía anual
Costo total de energía-mes	Costo total de energía-mes		
\$ 17,618.22	\$ 11,595.43	\$ 6,022.80	\$ 72,273.54

Elaborado por: Autor

### Análisis del retorno de la inversión con la propuesta 1

Para el flujo neto por año se consideró la inversión inicial de 336,730.24 USD por la propuesta de equipos de mayor eficiencia, como flujo anual neto se consideró el ahorro anual de 72,273.54 USD y un presupuesto de la IES de aproximadamente 25,000 USD anuales para renovación de equipos eléctricos de aulas y oficinas, el cual se lo fue acumulando anualmente con una devaluación anual del 10% debido a la caída de la eficiencia de los equipos a través del tiempo, esta acumulación de ingresos servirá para una futura renovación de equipo como se observa en la tabla 51

**Tabla 51 Flujo anual neto**

<b>Año</b>	<b>Flujo neto</b>
0	336,730.24
1	\$ 97,273.54
2	\$ 90,046.19
3	\$ 82,818.83
4	\$ 75,591.48
5	\$ 68,364.13
6	\$ 61,136.77
7	\$ 53,909.42
8	\$ 46,682.06
9	\$ 39,454.71
10	\$ 32,227.35

**Elaborado por: Autor**

Por medio del VAN se obtendrá los años en que la universidad se tardará en recuperar la inversión. Se hallarán dos valores de VAN uno con un  $n = 4$  años para obtener un VAN negativo y otro con  $n = 7$  años en donde se obtiene un VAN positivo, luego por medio de una interpolación lineal se obtiene el año en donde el VAN es igual a cero que es el año en que la universidad recuperó su inversión inicial.

$$VAN = -I_0 + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n}$$

$I_0 =$  Inversión inicial

$FC =$  Flujo de caja

$i =$  tasa de interés = 7%



$$n = \text{año}$$

$$VAN = -\$336,730.24 + \frac{\$97,273.54}{(1 + 0.07)^1} + \frac{\$90,046.19}{(1 + 0.07)^2} + \frac{\$82,818.83}{(1 + 0.07)^3} + \dots =$$

$$VAN (4 \text{ años}) = -\$41,897.34$$

$$VAN (7 \text{ años}) = \$81,155.42$$

*Retorno de la inversión*

$$= 4 \text{ años} + \frac{7 \text{ años} - 4 \text{ años}}{\$81,155.42 - (-\$41,897.34)} (0 - (-\$41,897.34))$$

$$\text{Retorno de la inversión} = 5.02 \text{ años}$$

### **Propuesta 2: planta fotovoltaica**

En lo antes mencionado en la tabla 10 se obtuvo un costo promedio de 0.08 USD/kWh y un costo promedio de la demanda de 3.00 USD/kW al mes facturado por CNEL.

**Cálculo del ahorro del costo de energía con la implementación de una planta fotovoltaica para los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía en la Universidad.**

Considerando los consumos en kWh-Mes calculados en la auditoria energética a los edificios que se muestran en la tabla 52 y multiplicando por el costo promedio de 0.08 USD/kWh que le factura CNEL a la Universidad, se obtiene un costo total de 11,619.38 USD/mes.

**Tabla 52 Costo total actual de los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía de la IES**

Bloque	Actual		
	Consumo de energía en kWh al mes	Costo por kWh con CNEL	Costo total al mes
CRAI	45,980.64	\$0.08	\$3,678.45
IDIOMAS	18,130.06		\$1,450.40
BLOQUE S	16,035.04		\$1,282.80
BLOQUE N	14,087.93		\$1,127.03
BLOQUE I	12,975.53		\$1,038.04
BLOQUE K	9,088.72		\$727.10
BLOQUE H	8,395.74		\$671.66
BLOQUE L	7,223.60		\$577.89
BLOQUE M	7,050.97		\$564.08
BLOQUE R	6,274.08		\$501.93
<b>TOTAL</b>	<b>145,242.31</b>		

Elaborado por: Autor

Considerando los consumos en kWh-Mes calculados en la auditoria energética a los edificios que se muestran en la tabla 53 y multiplicando por el costo de energía de la planta fotovoltaica de 0.06 USD/kWh, se obtiene un costo total de 9,440.75 USD/mes.

**Tabla 53 Costo total con la planta fotovoltaica de los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía de la IES**

Bloque	Actual			
	Consumo de energía en kWh al mes	Costo por kWh de planta fotovoltaica	Costo del consumo kWh-mes P. Fotovoltaica	
CRAI	45,980.64	\$ 0.06	\$ 2,988.74	
IDIOMAS	18,130.06		\$ 1,178.45	
BLOQUE S	16,035.04		\$ 1,042.28	
BLOQUE N	14,087.93		\$ 915.72	
BLOQUE I	12,975.53		\$ 843.41	
BLOQUE K	9,088.72		\$ 590.77	
BLOQUE H	8,395.74		\$ 545.72	
BLOQUE L	7,223.60		\$ 469.53	
BLOQUE M	7,050.97		\$ 458.31	
BLOQUE R	6,274.08		\$ 407.82	
TOTAL	145,242.30			\$ 9,440.75

**Elaborado por: Autor**

Como se observa en la tabla 54 restando el costo total actual al mes con CNEL y el costo total actual al mes con la planta fotovoltaica con la se obtiene un ahorro de 2,178.63 USD/mes

**Tabla 54 Ahorro mensual con la planta fotovoltaica en los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía de la IES**

Bloque	Actual			
	Consumo de energía en kWh al mes	Costo del consumo kWh-mes CNEL	Costo del consumo kWh-mes P. Fotovoltaica	Ahorro del costo del consumo mensual del kWh
CRAI	45,980.64	\$ 3,678.45	\$ 2,988.74	\$ 689.71
IDIOMAS	18,130.06	\$ 1,450.40	\$ 1,178.45	\$ 271.95
BLOQUE S	16,035.04	\$ 1,282.80	\$ 1,042.28	\$ 240.53
BLOQUE N	14,087.93	\$ 1,127.03	\$ 915.72	\$ 211.32
BLOQUE I	12,975.53	\$ 1,038.04	\$ 843.41	\$ 194.63
BLOQUE K	9,088.72	\$ 727.10	\$ 590.77	\$ 136.33
BLOQUE H	8,395.74	\$ 671.66	\$ 545.72	\$ 125.94
BLOQUE L	7,223.60	\$ 577.89	\$ 469.53	\$ 108.35
BLOQUE M	7,050.97	\$ 564.08	\$ 458.31	\$ 105.76
BLOQUE R	6,274.08	\$ 501.93	\$ 407.82	\$ 94.11
TOTAL	145,242.30	\$ 11,619.38	\$ 9,440.75	\$ 2,178.63

**Elaborado por: Autor**

A este ahorro de 2,178.63 USD/mes hay que sumarle 2,141.45 USD/mes debido al ahorro mensual del costo de la demanda de energía correspondiente a los edificios que consumen el 80% del consumo total de energía de la IES por la implementación de una planta fotovoltaica como se observa en la tabla 55.

**Tabla 55 Ahorro del costo de la demanda de energía por implementación de planta fotovoltaica**

Bloque	Actual		
	Demanda de energía en kW	Costo promedio de la demanda	Costo de la demanda de energía-mes
CRAI	223.21	\$ 3.00	\$ 669.62
IDIOMAS	88.01		\$ 264.03
BLOQUE S	77.84		\$ 233.52
BLOQUE N	68.39		\$ 205.16
BLOQUE I	62.99		\$ 188.96
BLOQUE K	44.12		\$ 132.36
BLOQUE H	40.76		\$ 122.27
BLOQUE L	35.07		\$ 105.20
BLOQUE M	34.23		\$ 102.68
BLOQUE R	39.21		\$ 117.64
TOTAL	713.82		\$ 2,141.45

Elaborado por: Autor

Sumando el ahorro del costo del kWh/mes y el ahorro de la demanda de energía al mes por la implementación de una planta fotovoltaica, da como resultado un ahorro total de 4,320.08 USD/mes y 51,840.99 USD/anual como se observa en la tabla 56.

**Tabla 56 Ahorro total por la implementación de una planta fotovoltaica**

Ahorro del costo del kWh al mes	Ahorro de la demanda de energía al mes	Ahorro total al mes	Ahorro total anual
\$ 2,178.63	\$ 2,141.45	\$ 4,320.08	\$ 51,840.99

Elaborado por: Autor

## Análisis del retorno de la inversión con la propuesta 2

Para el flujo neto por año se consideró la inversión inicial de 556,779.96 USD debido a la multiplicación del costo de inversión de 780 USD/kW correspondiente a la planta fotovoltaica por la demanda total de 713.82 kW, como flujo anual neto se consideró el ahorro anual de 51,840.99 USD y un presupuesto de la IES de aproximadamente 25,000 USD anuales para renovación de equipos eléctricos de aulas y oficinas, el cual se lo fue acumulando anualmente con una devaluación anual del 10% debido a la caída de la eficiencia de los equipos a través del tiempo, esta acumulación de ingresos servirá para una futura renovación de equipo como se observa en la tabla 57.

**Tabla 57 Flujo anual neto**

<b>Año</b>	<b>Flujo neto</b>
0	\$556,779.6
1	\$ 76,840.99
2	\$ 71,656.89
3	\$ 66,472.79
4	\$ 61,288.69
5	\$ 56,104.59
6	\$ 50,920.49
7	\$ 45,736.40
8	\$ 40,552.30
9	\$ 35,368.20
10	\$ 30,184.10

**Elaborado por: Autor**

Por medio del VAN se obtendrá los años en que la universidad se tardará en recuperar la inversión. Se hallarán dos valores de VAN uno con un  $n = 4$  años para obtener un VAN negativo y otro con  $n = 10$  años en donde se obtiene un VAN positivo, luego por medio de una interpolación lineal se obtiene el año en donde el VAN es igual a cero que es el año en que la universidad recuperó su inversión inicial.

$$VAN = -I_0 + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n}$$

$I_0 =$  Inversión inicial

$FC =$  Flujo de caja

$i =$  tasa de interés = 7%

$n =$  año

$$VAN = -\$556,779.6 + \frac{\$76,840.99}{(1 + 0.07)^1} + \frac{\$71,656.89}{(1 + 0.07)^2} + \frac{\$66,472.79}{(1 + 0.07)^3} + \dots =$$

$$VAN (4 \text{ años}) = -\$321,359.24$$

$$VAN (10 \text{ años}) = -\$160,760.81$$

*Retorno de la inversión*

$$= 4 \text{ años} + \frac{10 \text{ años} - 4 \text{ años}}{-\$160,760.81 - (-\$321,359.24)} (0 - (-\$321,359.24))$$

*Retorno de la inversión > 10 años*

### Propuesta 3: a/c inverter, luces led y planta fotovoltaica

En lo antes mencionado en la tabla 10 se obtuvo un costo promedio de 0.08 USD/kWh y un costo promedio de la demanda de 3.00 USD/kW al mes facturado por CNEL.

### Cálculo del ahorro del costo de energía con la implementación de una planta fotovoltaica para los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía en la Universidad.

Considerando los consumos en kWh-Mes calculados en la auditoria energética a los edificios que se muestran en la tabla 58 y multiplicando por el costo promedio de 0.08 USD/kWh que le factura CNEL a la Universidad, se obtiene un costo total de 11,619.38 USD/mes.

**Tabla 58 Costo total actual de los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía de la IES**

Bloque	Actual		
	Consumo de energía en kWh al mes	Costo por kWh con CNEL	Costo total al mes
CRAI	45,980.64	\$0.08	\$3,678.45
IDIOMAS	18,130.06		\$1,450.40
BLOQUE S	16,035.04		\$1,282.80
BLOQUE N	14,087.93		\$1,127.03
BLOQUE I	12,975.53		\$1,038.04
BLOQUE K	9,088.72		\$727.10
BLOQUE H	8,395.74		\$671.66
BLOQUE L	7,223.60		\$577.89
BLOQUE M	7,050.97		\$564.08
BLOQUE R	6,274.08		\$501.93
<b>TOTAL</b>	<b>145,242.31</b>		

Elaborado por: Autor



Considerando los consumos en kWh-Mes calculados en el ahorro de energía de la propuesta a los edificios que se muestran en la tabla 59 y multiplicando por el costo de energía de la planta fotovoltaica de 0.06 USD/kWh, se obtiene un costo total de 5,800.57 USD/mes.

**Tabla 59 Costo total con la propuesta de los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía de la IES**

Bloque	Propuesta		
	Consumo de energía en kWh al mes	Costo por kWh con planta fotovoltaica	Costo total al mes
CRAI	30,265.52	\$ 0.06	\$ 1,835.98
IDIOMAS	11,669.90		\$ 707.92
BLOQUE S	10,645.05		\$ 645.75
BLOQUE N	9,205.11		\$ 558.40
BLOQUE I	8,581.96		\$ 520.60
BLOQUE K	5,994.60		\$ 363.65
BLOQUE H	5,380.72		\$ 326.41
BLOQUE L	4,721.52		\$ 286.42
BLOQUE M	4,750.36		\$ 288.17
BLOQUE R	4,405.60		\$ 267.25
<b>TOTAL</b>	<b>95,620.34</b>		

Elaborado por: Autor

Como se observa en la tabla 60 restando el costo total actual al mes y el costo total al mes con la propuesta se obtiene un ahorro de 5,818.81 USD/mes

**Tabla 60 Ahorro mensual con la propuesta en los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía de la IES**

Costo total actual al mes	Costo total con la propuesta al mes	Ahorro mensual
\$ 11,619.38	\$ 5,800.57	\$ 5,818.81

Elaborado por: Autor

A este ahorro de 5,818.81 USD/mes hay que sumarle 2,141.45 USD/mes debido al ahorro mensual del costo de la demanda de energía correspondiente a los edificios que consumen el 80% del consumo total de energía de la IES por la implementación de una planta fotovoltaica como se observa en la tabla 61. Dando como resultado un ahorro total de 7,960.26 USD/mes.

**Tabla 61 Ahorro del costo de la demanda de energía por implementación de planta fotovoltaica a los edificios correspondientes al 80% del consumo total de energía de la IES**

Bloque	Actual		
	Demanda de energía en kW	Costo promedio de la demanda	Costo de la demanda de energía-mes
CRAI	223.21	\$ 3.00	\$ 669.62
IDIOMAS	88.01		\$ 264.03
BLOQUE S	77.84		\$ 233.52
BLOQUE N	68.39		\$ 205.16
BLOQUE I	62.99		\$ 188.96
BLOQUE K	44.12		\$ 132.36
BLOQUE H	40.76		\$ 122.27
BLOQUE L	35.07		\$ 105.20
BLOQUE M	34.23		\$ 102.68
BLOQUE R	39.21		\$ 117.64
TOTAL	713.82		\$ 2,141.45

Elaborado por: Autor

**Cálculo del ahorro del costo de energía para los edificios correspondientes al 20% del consumo total de energía en la Universidad.**

Considerando los consumos en kWh-Mes calculados en la auditoria energética a los edificios que se muestran en la tabla 62 y multiplicando por el costo promedio de 0.08 USD/kWh y el costo promedio de 3.00 USD/kW por demanda de energía que le factura CNEL a la Universidad, se obtiene un costo total de 3,857.39 USD/mes.

**Tabla 62 Costo total actual de los edificios correspondientes al 20% del consumo total de energía de la IES**

Bloque	Actual				
	Consumo de energía en kWh al mes	Costo del consumo kWh-mes	Demanda de energía en kW	Costo de la demanda de energía-mes	Costo total de energía-mes
BLOQUE B	6,225.12	\$ 498.01	38.91	\$ 116.72	\$ 614.73
BLOQUE T	5,981.00	\$ 478.48	29.03	\$ 87.10	\$ 565.58
BLOQUE J	5,901.90	\$ 472.15	28.65	\$ 85.95	\$ 558.10
BLOQUE P	5,409.97	\$ 432.80	26.26	\$ 78.79	\$ 511.58
BLOQUE F	5,338.70	\$ 427.10	25.92	\$ 77.75	\$ 504.84
BLOQUE O	3,389.94	\$ 271.19	16.46	\$ 49.37	\$ 320.56
BLOQUE A	2,351.90	\$ 188.15	11.42	\$ 34.25	\$ 222.40
BLOQUE C	2,214.08	\$ 177.13	13.84	\$ 41.51	\$ 218.64
BLOQUE E	1,505.73	\$ 120.46	12.14	\$ 36.43	\$ 156.89
BLOQUE D	1,088.80	\$ 87.10	6.81	\$ 20.42	\$ 107.52
BLOQUE G	775.04	\$ 62.00	4.84	\$ 14.53	\$ 76.54
TOTAL	40,182.18	\$ 3,214.57	214.27	\$ 642.82	\$ 3,857.39

**Elaborado por: Autor**

Considerando los consumos en kWh-Mes calculados en el ahorro de energía de la propuesta a los edificios que se muestran en la tabla 63 y multiplicando por el costo promedio de 0.08 USD/kWh y el costo promedio de 3.00 USD/kW por demanda de energía que le factura CNEL a la Universidad, se obtiene un costo total de 2,534.83 USD/mes.

**Tabla 63 Costo total con la propuesta de los edificios correspondientes al 20% del consumo total de energía de la IES**

Bloque	Propuesta				
	Consumo de energía en kWh al mes	Costo del consumo kWh-mes	Demanda de energía en kW	Costo de la demanda de energía-mes	Costo total de energía-mes
BLOQUE B	4,137.60	\$ 331.01	25.86	\$ 77.58	\$ 408.59
BLOQUE T	4,002.58	\$ 320.21	19.43	\$ 58.29	\$ 378.50
BLOQUE J	3,965.50	\$ 317.24	19.25	\$ 57.75	\$ 374.99
BLOQUE P	3,532.90	\$ 282.63	17.15	\$ 51.45	\$ 334.08
BLOQUE F	3,506.12	\$ 280.49	17.02	\$ 51.06	\$ 331.55
BLOQUE O	2,167.12	\$ 173.37	10.52	\$ 31.56	\$ 204.93
BLOQUE A	1,481.14	\$ 118.49	7.19	\$ 21.57	\$ 140.06
BLOQUE C	1,401.60	\$ 112.13	8.76	\$ 26.28	\$ 138.41
BLOQUE E	990.14	\$ 79.21	7.99	\$ 23.96	\$ 103.17
BLOQUE D	712.00	\$ 56.96	4.45	\$ 13.35	\$ 70.31
BLOQUE G	508.80	\$ 40.70	3.18	\$ 9.54	\$ 50.24
TOTAL	26,405.50	\$ 2,112.44	140.80	\$ 422.39	\$ 2,534.83

**Elaborado por: Autor**

Como se observa en la tabla 64 restando el costo total actual al mes y el costo total al mes con la propuesta se obtiene un ahorro de 1,322.56 USD/mes.

**Tabla 64 Ahorro mensual con la propuesta en los edificios correspondientes al 20% del consumo total de energía de la IES**

Costo total actual al mes	Costo total al mes con la propuesta	Ahorro mensual
\$ 3,857.39	\$ 2,534.83	\$ 1,322.56

**Elaborado por: Autor**

Sumando los ahorros mensuales de los edificios correspondientes al 80% y 20% del consumo total de energía de la Universidad da como resultado un ahorro de 9,282.82 USD/mes y 111,393.84 USD/anual

### **Análisis del retorno de la inversión con la propuesta 3**

Para el flujo neto por año se consideró la inversión inicial de 336,730.24 USD por la propuesta de equipos de mayor eficiencia y 366,857.4 USD por la propuesta de la planta fotovoltaica, dando como resultado una inversión inicial de 703,587.64 USD, como flujo anual neto se consideró el ahorro anual de 111,393.84 USD y un presupuesto de la IES de aproximadamente 25,000 USD anuales para renovación de equipos eléctricos de aulas y oficinas, el cual se lo fue acumulando anualmente con una devaluación anual del 10% debido a la caída de la eficiencia de los equipos a través del tiempo, esta acumulación de ingresos servirá para una futura renovación de equipo como se observa en la tabla 65

**Tabla 65 Flujo anual neto**

<b>Año</b>	<b>Flujo neto</b>
0	\$703,587.64
1	\$136,393.84
2	\$154,574.15
3	\$147,754.46
4	\$140,934.76
5	\$134,115.07
6	\$127,295.38
7	\$120,475.69
8	\$113,656.00
9	\$106,836.30
10	\$100,016.61

**Elaborado por: Autor**

Por medio del VAN se obtendrá los años en que la universidad se tardará en recuperar la inversión. Se hallarán dos valores de VAN uno con un n = 4 años para obtener un VAN negativo y otro con n = 7 años en donde se obtiene un VAN positivo, luego por medio de una interpolación lineal se obtiene el año en donde el VAN es igual a cero que es el año en que la universidad recuperó su inversión inicial.

$$VAN = -I_0 + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n}$$

$I_0 = \text{Inversión inicial}$

$FC = \text{Fujo de caja}$

$i = \text{tasa de interés} = 7\%$

$n = \text{año}$

$$VAN = -\$703,587.64 + \frac{\$136,393.84}{(1 + 0.07)^1} + \frac{\$154,574.15}{(1 + 0.07)^2} + \frac{\$147,754.46}{(1 + 0.07)^3} + \dots =$$

$$VAN (4 \text{ años}) = -\$212,975.61$$

$$VAN (7 \text{ años}) = \$42,595.07$$

*Retorno de la inversión*

$$= 4 \text{ años} + \frac{7 \text{ años} - 4 \text{ años}}{\$42,595.07 - (-\$212,975.61)} (0 - (-\$212,975.61))$$

*Retorno de la inversión = 6.50 años*

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

1. Los sistemas de climatización son los de mayor consumo energético en la universidad, el edificio CRAI es el de mayor consumo energético debido a los metros cuadrados de construcción que posee y sus horas de funcionamiento, con un consumo de 45,980.64 kWh al mes y un costo mensual aproximado de 4,138.26 USD, esto equivale a un 24.80% del consumo energético de toda la universidad.
2. Para el cálculo de la línea base se tomó como indicador energético al consumo de energía en kWh vs las horas de funcionamiento (h), se determinó la ecuación de la línea base energética  $C = 836.2h$  con un  $R^2 = 0.97$ , donde C es el consumo de energía mensual en kWh y h son las horas de funcionamiento mensuales. También se elaboró el cálculo de la línea base consumo energético (kWh) vs temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) dio como resultado un  $R^2 = 0.05$ , esto significó que hubo una muy baja relación entre las variables consumo de energía (kWh) y temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y esto se debe a que si hay una reducción del consumo energético no significa que haya una reducción de la temperatura en el ambiente, estas temperaturas pueden ser aproximadamente las mismas que el año anterior y puede ocurrir una reducción del consumo energético por algún evento que suspenda las actividades en la universidad. Por ello las variables correctas para la línea base fueron consumo de energía en kWh vs las horas de funcionamiento.
3. Se propuso un plan de eficiencia energética que consistió en el reemplazo de los tubos T 12 por tubos Led y aires acondicionados de baja eficiencia por aires acondicionados Inverter con un ahorro en su consumo de 63,398.64 kWh/mes, esto significó un ahorro del 34.19%. Adicionalmente el plan de eficiencia contempla la implementación de una planta fotovoltaica para los edificios que constituyen el 80% del consumo energético de la Universidad en reemplazo del suministro de energía de CNEL, lo que generó un ahorro de 8,080.55 USD/mensual y 96,966.57 USD/anuales.

4. Se plantearon tres alternativas de mejoras para el ahorro de energía en la Universidad, donde la primera propuesta consistió en el reemplazo de los equipos de iluminación y climatización con un costo de implementación de 336,730.24 USD y un ahorro anual de 72,273.54 USD, esto genera un retorno de la inversión en 5.02 años, lo cual podría ser una opción económicamente viable para la universidad debido al costo y al retorno de la inversión.
5. La segunda propuesta de mejora de eficiencia energética consistió en la implementación de una planta fotovoltaica a los edificios que corresponden al 80% del consumo energético de la universidad y tuvo un costo de implementación de 556,779.6 USD y un ahorro anual de 51,840.99 USD, esto genera un retorno de la inversión mayor a 10 años, por los años del retorno de la inversión no resulta ser económicamente viable y ya que el costo de implementación es casi el mismo se optaría por la primera propuesta.
6. La tercera propuesta consistió en el reemplazo de los equipos de iluminación, climatización y la implementación de una planta fotovoltaica a los edificios que corresponden al 80% del consumo energético de la universidad y tuvo un costo de implementación de 703,587.64 USD y un ahorro anual de 111,393.84 USD, esto genera un retorno de la inversión en 6.50 años, esta tercera propuesta también puede ser viable para la universidad por el retorno de la inversión, pero se tendría que analizar si la universidad estaría dispuesta a realizar dicha inversión.

## 5.2 Recomendaciones

1. En la auditoria energética verificar la conexión de los aires acondicionados, debido a que hay algunos condensadores desconectados que pueden ser contabilizados y esto generaría errores en los cálculos.
2. Realizar una evaluación anual del cableado eléctrico para verificar su correcta funcionalidad.
3. Dar un correcto mantenimiento de equipos para mantener la eficiencia de los mismos y una devaluación menor al 10% anual estimado
4. Implementar el uso de medidores individuales para cada edificio de la



Universidad.

5. La IES en su costado izquierdo limita con la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) ambas instituciones pueden llegar a un convenio y la universidad se pueda conectar a una celda disponible de CNEL, haciendo que la universidad posea energía de manera directa y no sufra problemas de caídas de voltaje por lo que hay fábricas que están conectadas a la misma red.
6. Concientizar a la comunidad universitaria sobre el ahorro de consumo energético

## BIBLIOGRAFÍA

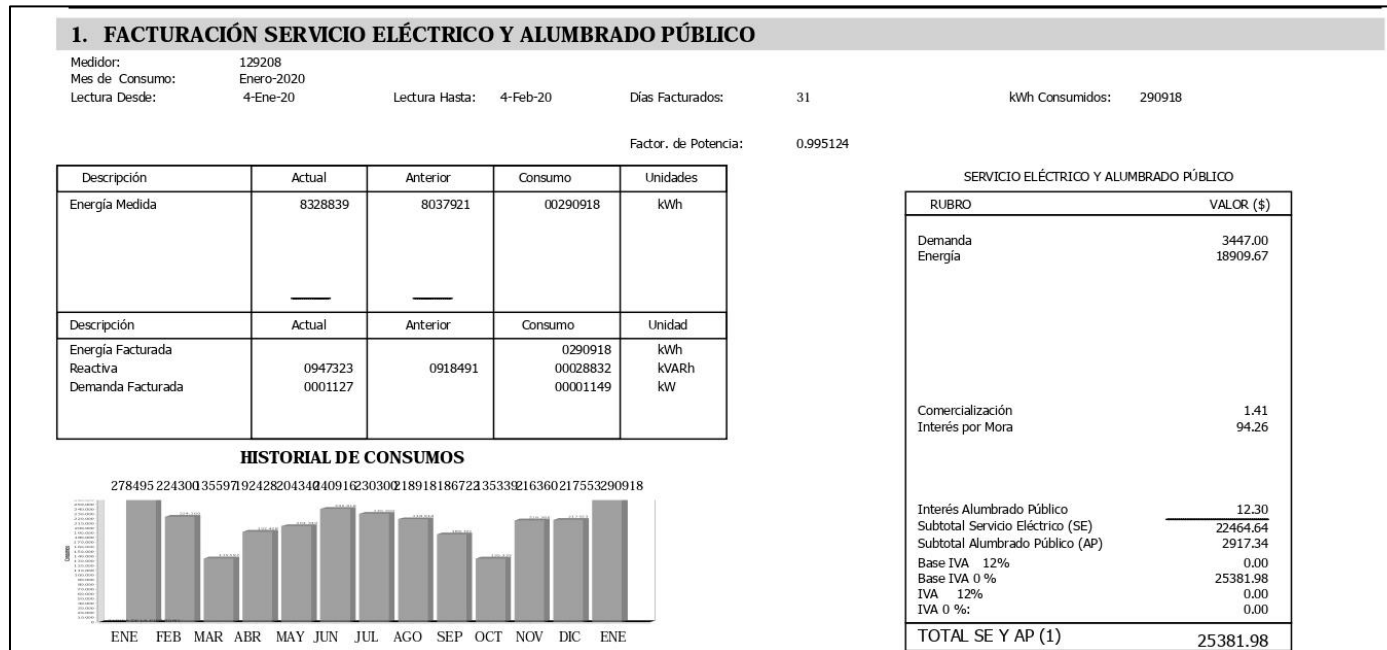
- Almaguer, J. (2019). Eficiencia energética en la cadena de abasto mediante la adaptación de la norma 50001. *Comisión para la Cooperación Ambiental*.
- Altuve, G., & Germán, J. (julio a diciembre de 2004). El uso del valor actual neto y la tasa interna de retorno para la valoración de las decisiones. *Actualidad Contable Faces*, 7(9), 7-17.
- Banco de desarrollo de América Latina. (2019). Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética. *Banco de desarrollo de América Latina*.
- Bgenostore. (febrero de 2016). *Bgenostore*. Obtenido de <https://bgenostore.com/es/blog/general/tabla-equivalencias-led-vs-iluminacion-tradicional>
- Bolivar Hernandez, L. P., & Martinez Gomez, M. A. (2014). *ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGETICA DE EQUIPOS Y SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO EN LA EDIFICACIÓN DEL BLOQUE G DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE*. BARRANQUILLA.
- Bravo Hidalgo, D., & Perez Guerra, Y. (2019). Eficiencia energética en la climatización de edificaciones. *Revista Publicando*.
- Caloryfrío.com*. (Marzo de 2015). Obtenido de <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-domestico/aire-acondicionado-inverter.html>
- Carrión Romero, D., & Romero Loján, J. (2017). *Dspace Epoch*. Obtenido de <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/6377/1/85T00422.pdf>
- Castrillón Mendoza, R., Monteagudo Yanes, J., Borroto Nordelo, A., & Quispe Oqueña, E. (2018). *Línea Base Energética en la Implementación de la norma ISO 50001. Estudios de casos*. Obtenido de <http://red.uao.edu.co:8080/bitstream/10614/10687/1/A0067.pdf>
- CNEL. (Enero de 2019). *CNEL*. Obtenido de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/2018-01-11-Pliego-y-Cargos-Tarifarios-del-SPEE-20182.pdf>
- Comercio, D. E. (4 de mayo de 2020). Recorte del presupuesto universitario. *Recorte del presupuesto universitario*.
- Comisión Nacional de Energía. (2019). *Informe de costos de Tecnologías de Generación*. Santiago.
- Crece Negocios*. (14 de Septiembre de 2019). Obtenido de <https://www.crecenegocios.com/van-y-tir/>
- Energía y sociedad*. (mayo de 2018). Obtenido de <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/1-1-que-es-la-eficiencia-energetica/>

- Espinoza, L., & Mosquera, P. (2015). Eficiencia energética y ahorro de energía en el Ecuador. *Universidad de Cuenca*.
- Factor energía*. (marzo de 2017). Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/que-es-la-eficiencia-energetica/>
- Hernández, C. (2018). Energía renovable, tendencia en Ecuador. *UEES*, 4.
- IES. (2019). *Construcción del edificio AULARIO*. Milagro.
- IES. (2019). *Informe de gestión*.
- IES. (2019). *Informe del presupuesto anual*. Milagro.
- ISO Tools. (abril de 2019). *ISO Tools*. Obtenido de <https://www.isotools.org/normas/medio-ambiente/iso-50001>
- Lira, D. (2008). *Generación eléctrica*. Lima.
- Medina, A., & Ortega, E. (2018). MODELO CARACTERISTICO Y LINEA BASE DE CONSUMO ENERGÉTICO PARA PYMES DEL SECTOR DE PLASTICO. Obtenido de Academia.
- MERNNR. (2018). *Expansión de la generación*.
- Mete. (2014). Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *FIDES ET RATIO*, 7, 67-85. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v7n7/v7n7\\_a06.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v7n7/v7n7_a06.pdf)
- Mete, M. (2014). Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *FIDES ET RATIO*, 7, 67-85. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v7n7/v7n7\\_a06.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v7n7/v7n7_a06.pdf)
- Mete, M. R. (2014). Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno. *Scielo*.
- Muñoz Vizhñay, J., Rojas Moncayo, M., & Barreto Calle, C. (2018). Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador. *Ingenius*.
- Muñoz Vizhñay, j., Rojas Moncayo, M., & Barreto Calle, R. (2018). Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador. *Ingenius*.
- Ocu.org. (Julio de 2019). Obtenido de Ocu.org: <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/aire-acondicionado/consejos/aire-acondicionado-indices-eficiencia>
- Programa de energía renovables y eficiencia energética en centroamérica. (2019). Eficiencia Energética en la Iluminación. *Administración de la energía*.
- Reglamento Técnico de iluminación. (2018). Obtenido de [https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T\\_NORMA\\_ARCHIVO&p\\_NORMFIL\\_ID=431&f\\_NORMFIL\\_FILE=X&inputfileext=NORMFIL\\_FILENAME](https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARCHIVO&p_NORMFIL_ID=431&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILENAME)
- Rocabert, J. (enero de 2007). Los criterios Valor Actual Neto y Tasa Interna de Rendimiento. *Revista electrónica sobre la enseñanza de la Economía Pública*, 2(11). Obtenido de [www.researchgate.net/publication/28239645\\_](http://www.researchgate.net/publication/28239645_)
- Ross, S., Westfield, R., & Jaffe, J. (2010). *Finanzas corporativas*. México, D.F: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A.
- Salazar Argón, C., De Oliveira, E., & Vidal, J. (2018). La eficiencia como herramienta de gestión de costos: una aplicación para la identificación de inversiones de eficiencia energética, su evaluación económica y riesgo. *Revista del Instituto Internacional de Costos*.

- Sánchez, C., & Hermann, F. (2019). Eficiencia Energética. *Desarrollo e innovación empresarial*.
- Simisterra, E., & Suárez, S. (Noviembre de 2018). La viabilidad de un proyecto, el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). *PRO-SCIENSES: REVISTA DE PRODUCCIÓN, CIENCIAS E INVESTIGACIÓN*, 2(17), 9-15.
- SinCeO2, C. e. (Abril de 2018). *Consultora energética SinCeO2*. Obtenido de <https://www.sinceo2.com/la-linea-base-y-su-importancia-en-la-iso-50001/>
- Superintendencia de electricidad. (2019). Tabla de consumo de energía de equipos eléctricos. *Superintendencia de electricidad*.
- Torres, F. M. (2018). *Facility Energy Management*. Obtenido de <https://energeticoblog.wordpress.com/2018/09/10/como-se-mide-la-eficiencia-energetica-en-aire-acondicionado/>
- Travel Life Stay Better*. (febrero de 2019). Obtenido de <https://travellifestaybetter.com/wp-content/uploads/2019/02/17-ES-Fuel-Conversion-to-kWh-and-CO2e.pdf>
- Universidad de Guayaquil. (2019). *Informe presupuestario 2019*. Guayaquil.
- Uzcátegui, C., Pozo, B., Espinoza, M. F., & Beltrán, A. (2018). Principales metodos de evaluación de proyectos de inversión para futuros emprendedores en el Ecuador. *Espacios*, 39, 23.
- Valencia, W. (enero - junio de 2011). Indicador de Rentabilidad de Proyectos: el Valor Actual Neto (VAN) o el Valor Económico. *Industrial Data ISSN: 1560-9164*, 14(1), 15-18.
- Weather Spark. (2019). *Weather Spark*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/19344/Clima-promedio-en-Milagro-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

## **ANEXOS**

## A. FACTURAS DE CNEL



**Figura A.1 Factura de energía mes de enero**

Fuente: (CNEL, 2019)

### 1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

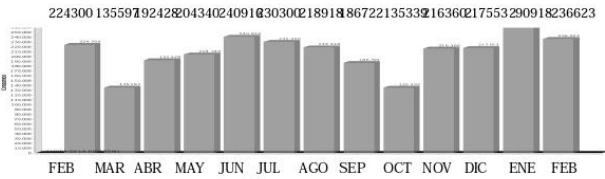
Medidor: 129208  
 Mes de Consumo: Febrero-2020  
 Lectura Desde: 4-Feb-20      Lectura Hasta: 4-Mar-20      Días Facturados: 29      kWh Consumidos: 236623

Factor de Potencia: 0.996541

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unidades
Energía Medida	8565462	8328839	00236623	kWh
Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unidad
Energía Facturada			0236623	kWh
Reactiva	0967053	0947323	00019730	kVARh
Demanda Facturada	0000946		00000964	kW

SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO	
RUBRO	VALOR (\$)
Demanda	2892.00
Energía	15380.50
Comercialización	1.41
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	18273.91
Subtotal Alumbrado Público (AP)	2386.15
Base IVA 12%	0.00
Base IVA 0 %	20660.06
IVA 12%	0.00
IVA 0 %:	0.00
<b>TOTAL SE Y AP (1)</b>	<b>20660.06</b>

#### HISTORIAL DE CONSUMOS



**Figura A.2 Factura de energía mes de febrero**

Fuente: (CNEL, 2019)

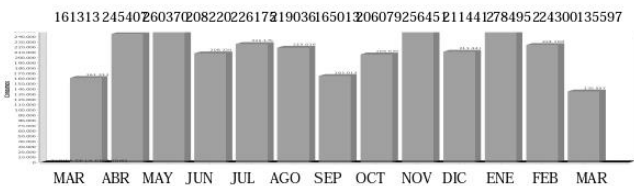
## 1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor: 129208  
 Mes de Consumo: Marzo-2019  
 Lectura Desde: 10-Mar-19      Lectura Hasta: 11-Abr-19      Días Facturados: 32      kWh Consumidos: 135597  
 Factor. de Potencia: 0.998972

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unidades
Energía Medida	6195045	6059448	00135597	kWh
Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unidad
Energía Facturada			0135597	kWh
Reactiva	0772500	0766347	00006153	kVARh
Demanda Facturada	0000728		00000742	kW

SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO	
RUBRO	VALOR (\$)
Demanda	2226.00
Energía	8813.81
Comercialización	1.41
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	11041.22
Subtotal Alumbrado Público (AP)	17.11
Base IVA 12%	0.00
Base IVA 0 %	11058.33
IVA 12%	0.00
IVA 0 %:	0.00
<b>TOTAL SE Y AP (1)</b>	<b>11058.33</b>

### HISTORIAL DE CONSUMOS



**Figura A.3 Factura de energía mes de marzo**

Fuente: (CNEL, 2019)







1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO					
Medidor:	129208	Desde:	11-Jun-19	Hasta:	9-Jul-19
Días Facturados:	28	Tipo Consumo:	null	Factor de multiplicación:	1.000
Factor Corrección:	1,000	Factor Potencia:	0,996	Constante:	0,00

Descripción	LECTURAS				Valores
	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	
Eng. Activa	6832729.00	6591813.00	240916	kWh	15,659.54
E. Reactiva	823731.00	801854.00	21877	kWh	0.00
D. Cliente	861.00	0.00	878	kWh	0.00

Consumos

Mes	Consumo (kWh)
AGO	~180,000
SEP	~180,000
OCT	~150,000
NOV	~180,000
DIC	~200,000
ENE	~180,000
FEB	~220,000
MAR	~180,000
ABR	~120,000
MAY	~180,000
JUN	~180,000
JUL	~200,000

**1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG**

CARGO POR COMERCIALIZACION	1.41
CARGO POR DEMANDA	2,634.00
CARGO POR ENERGIA	15,659.54
<b>SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE):</b>	<b>18294.95</b>
SERVICIO DE ALUMBRADO PUBLICO	2,382.87
<b>SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP):</b>	<b>2,382.87</b>

**1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG**

INTERES SERVICIO DE ALUMBRADO	6.10
INTERES CARGO POR DEMANDA	7.13
INTERES VENTA DE ENERGIA	39.62
<b>SUBTOTAL OTROS:</b>	<b>52.85</b>

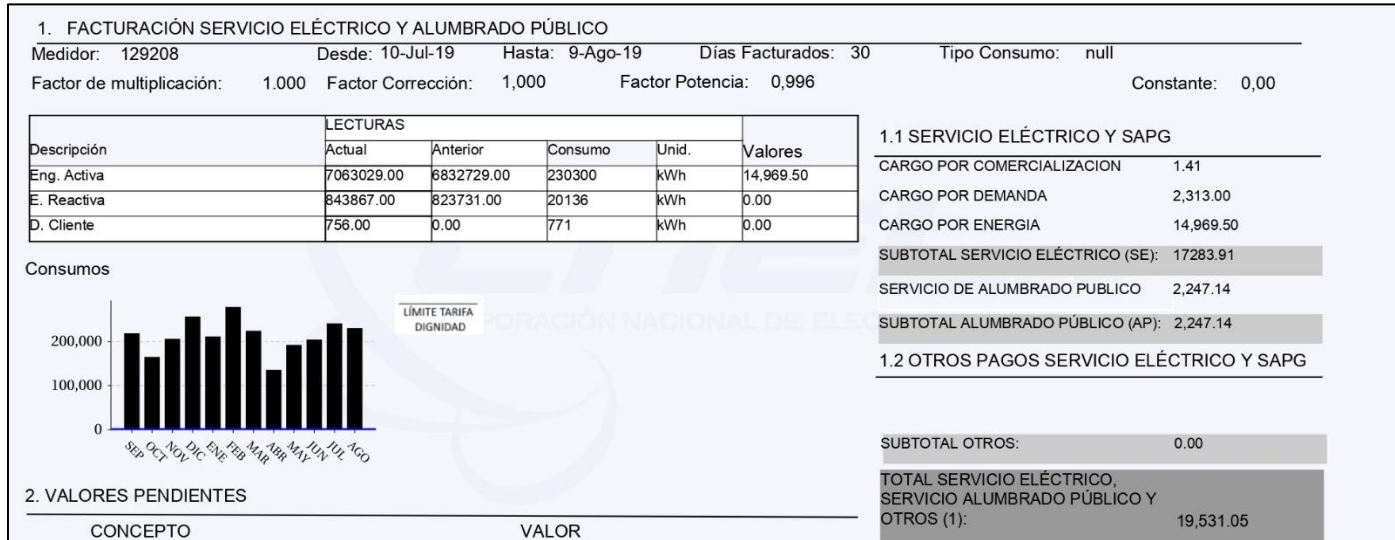
**TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO, SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO Y OTROS (1): 20,730.67**

2. VALORES PENDIENTES	
CONCEPTO	VALOR
Planillas anteriores	0.00
TOTAL VALORES PENDIENTES (2):	0.00

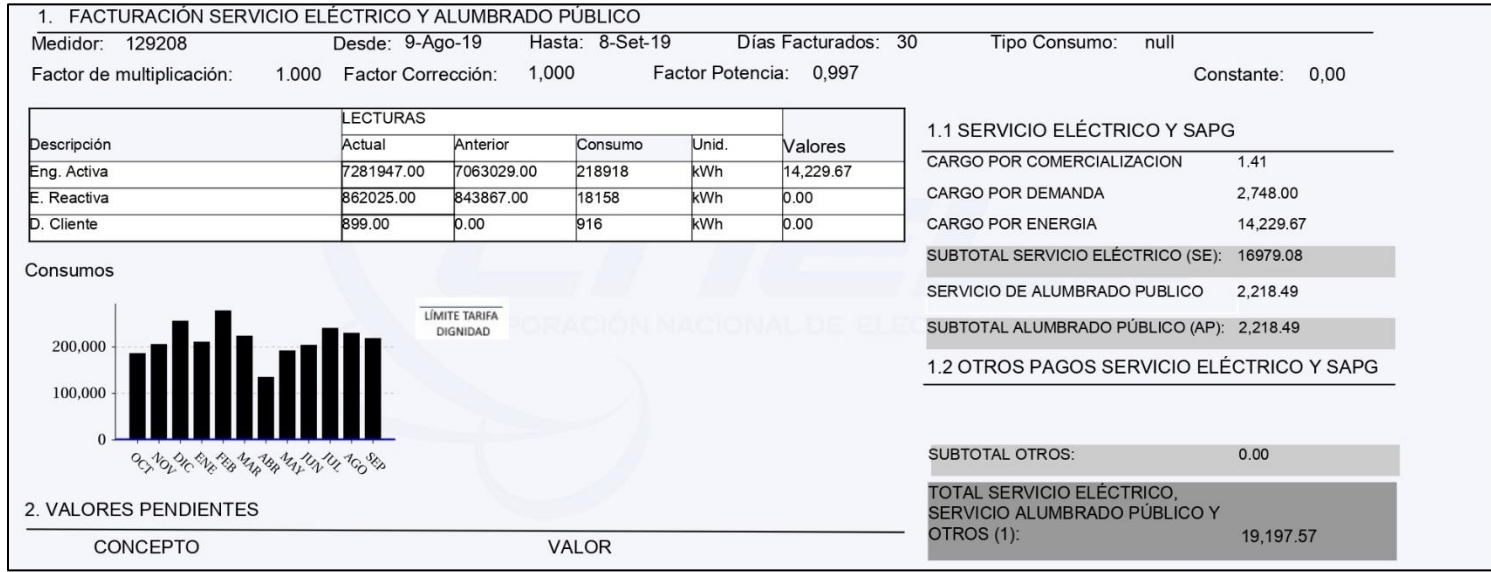
**Figura A.6 Factura de energía mes de junio**

Fuente: (CNEL, 2019)



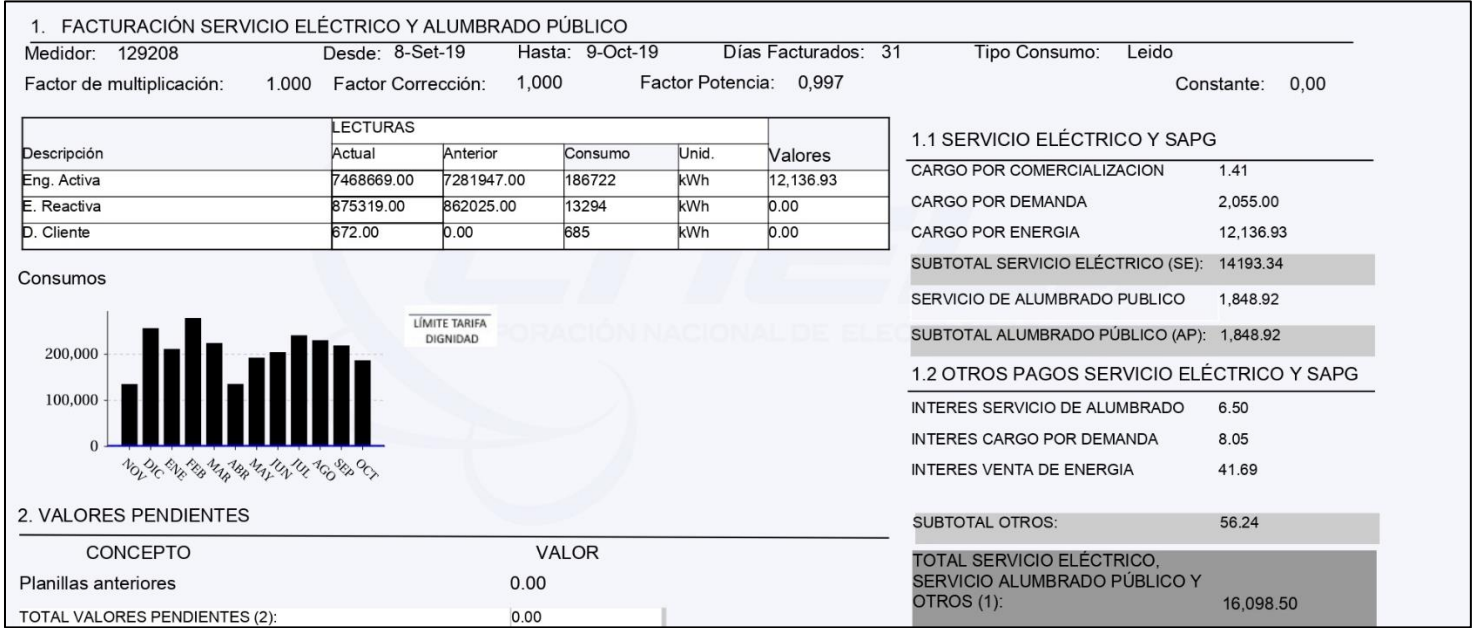
**Figura A.7 Factura de energía mes de julio**

Fuente: (CNEL, 2019)



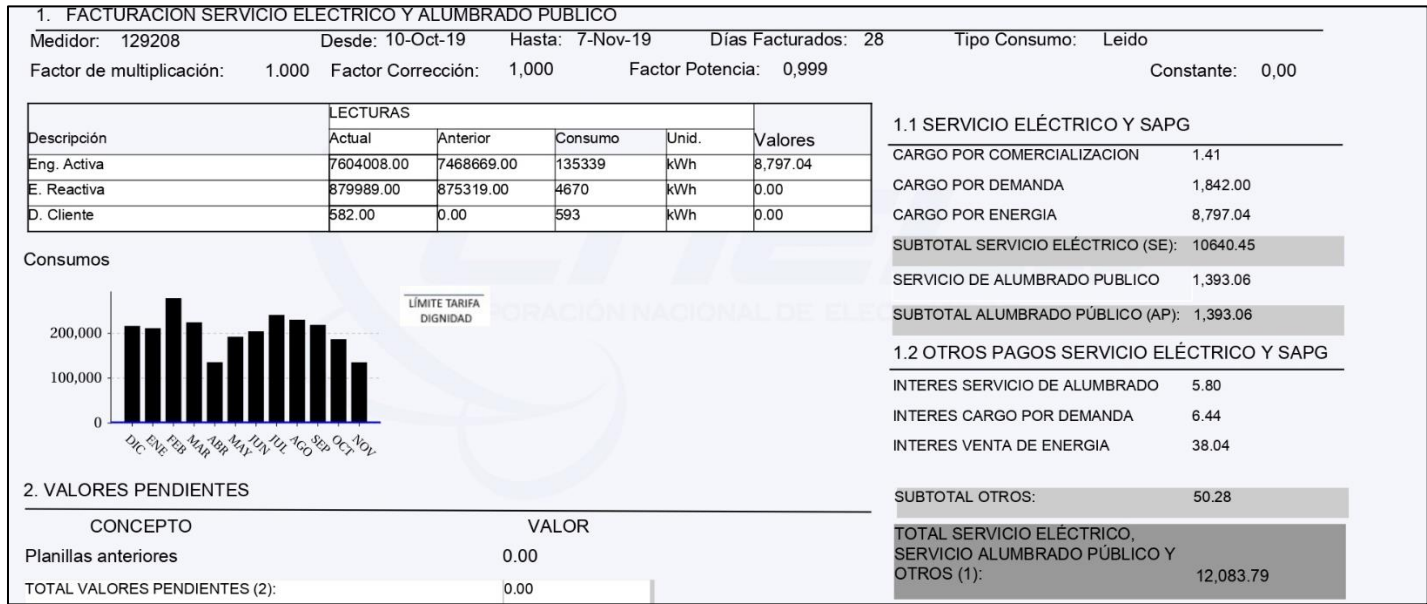
**Figura A.8 Factura de energía mes de agosto**

Fuente: (CNEL, 2019)



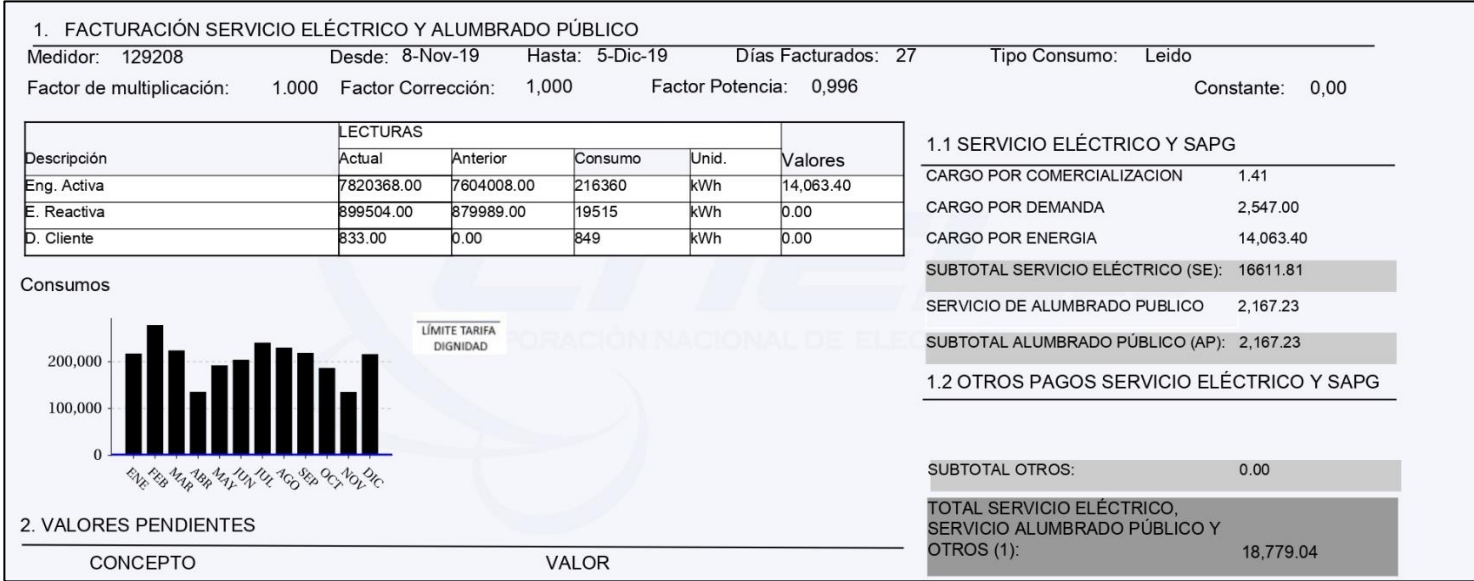
**Figura A.9 Factura de energía mes de septiembre**

Fuente: (CNEL, 2019)



**Figura A.10 Factura de energía mes de octubre**

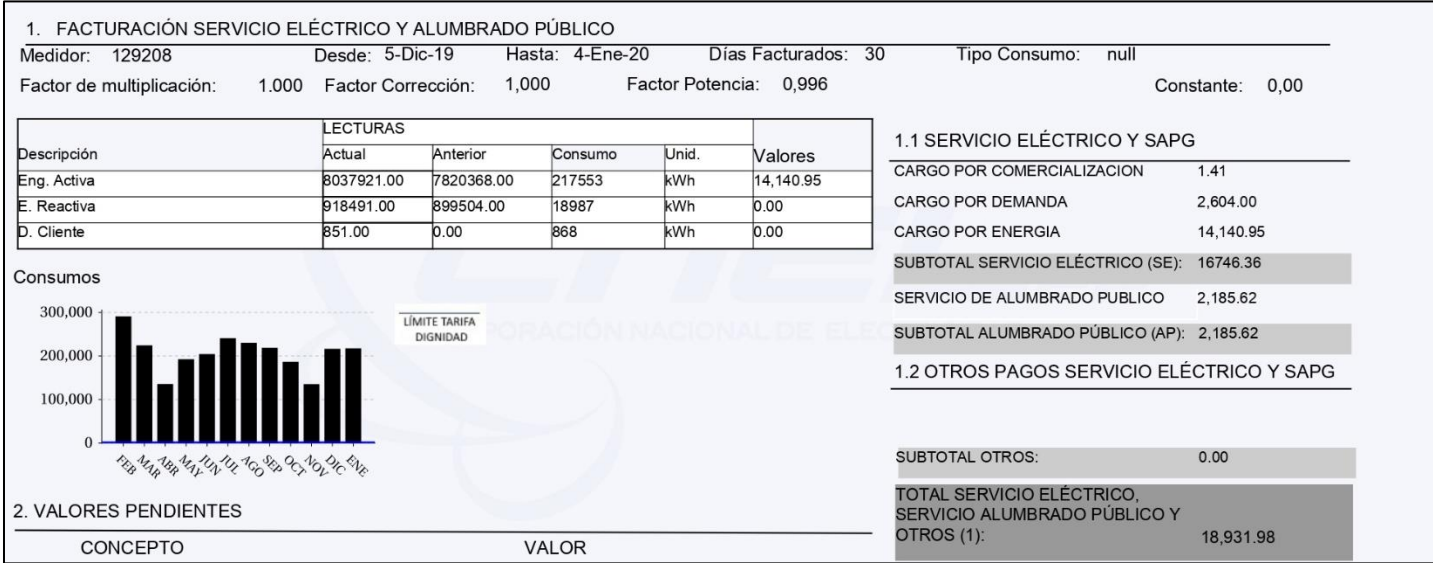
Fuente: (CNEL, 2019)



**Figura A.11 Factura de energía mes de noviembre**

Fuente: (CNEL, 2019)





**Figura A.12 Factura de energía mes de diciembre**

Fuente: (CNEL, 2019)

## B. FOTOS DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA



*Figura B.1 Tipo de aulas en la universidad*

**Fuente: Autor**



***Figura B.2 Aulas de la universidad***

**Fuente: Autor**



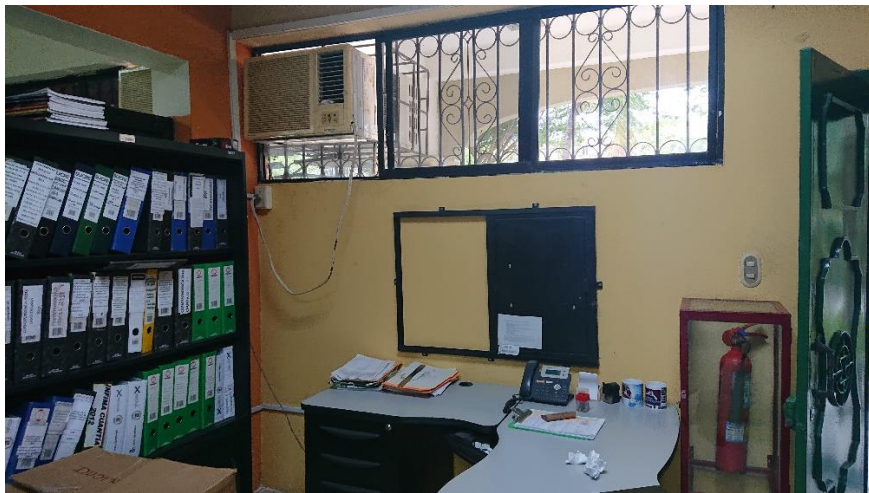
***Figura B.3 Aires acondicionados de 36000 BTU para aulas***

**Fuente: Autor**



**Figura B.4 Luminarias T 12 de 32 W en la universidad**

**Fuente: Autor**



**Figura B.5 Tipo de oficinas en la universidad**

**Fuente: Autor**



**Figura B.6 Aires acondicionados de ventana de 12000 BTU para oficina**

**Fuente: Autor**



**Figura B.7 Aires acondicionados split de 12000 BTU para oficinas**

**Fuente: Autor**



***Figura B.8 Luminarias T 12 de 32 W para oficinas***

**Fuente: Autor**



***Figura B.9 Conteo de aires acondicionados en edificio CRAI***

**Fuente: Autor**



**Figura B.10** *Conteo de aires acondicionados en los techos de los edificios*

**Fuente:** Autor



**Figura B.11** *Conteo de aires acondicionados en los techos de los edificios*

**Fuente:** Autor



***Figura B.12*** **Conteo de los aires acondicionados de ventana**

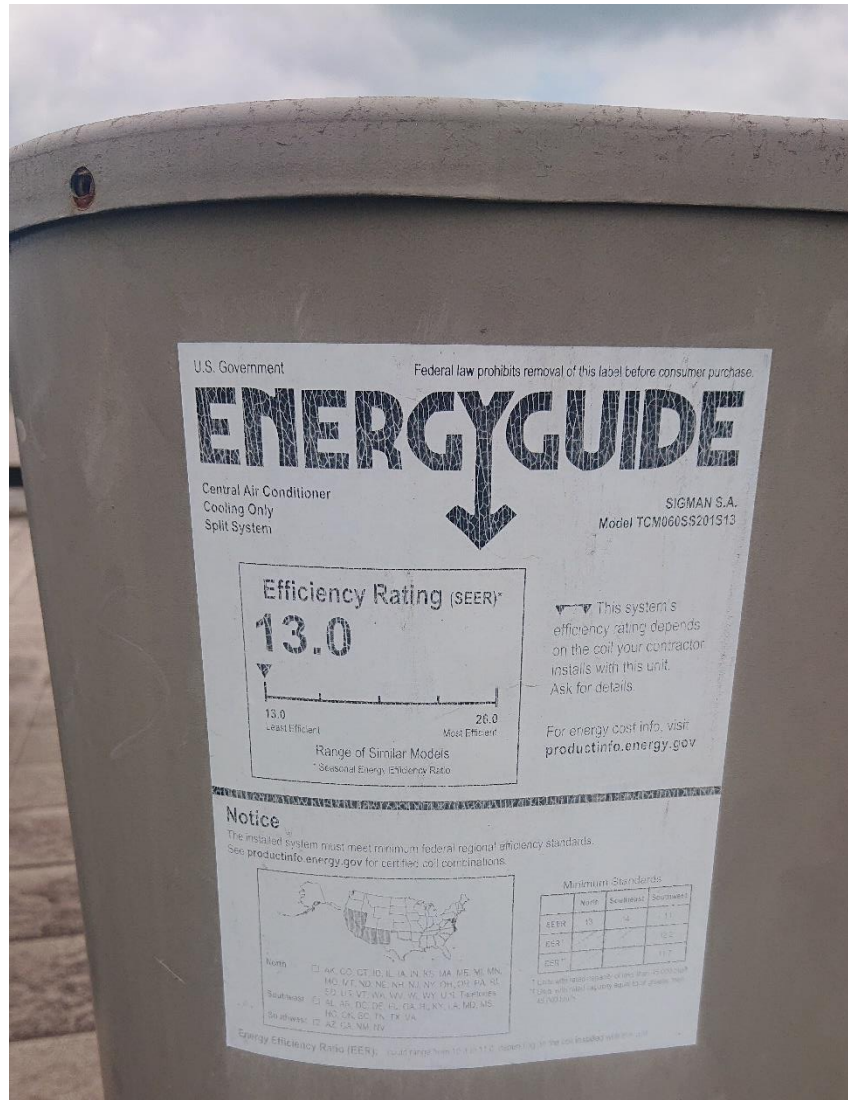
**Fuente: Autor**



***Figura B.13*** **Conteo de los aires acondicionados split en las paredes de los edificios**

**Fuente: Autor**





**Figura B.14 Baja eficiencia en aires acondicionados**

**Fuente: Autor**