

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ESTUDIO COMPARATIVO DEL SISTEMA ELÉCTRICO ENTRE UN  
COLEGIO REGULAR PRIVADO Y UN COLEGIO SOSTENIBLE EN EL PERÚ**

**Trabajo de investigación para obtener el grado académico de BACHILLERA EN  
CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORAS:**

Changa Castillo, Tania Elizabeth  
Vílchez Condori, Lucero Mercedes

**Trabajo de investigación para obtener el grado académico de BACHILLER EN  
CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORES:**

Cuchula Ramos, Leonardo  
Gutiérrez Barreto, Johann Aníbal  
Auris Candela, Fernando Gabriel

**ASESOR**

Naveda Alva, Gregory Javier Miyelo

Lima, Enero de 2021

## Resumen

La eficiencia energética se entiende como el incremento de beneficios finales empleando una menor cantidad de recursos y generando el mínimo impacto sobre el medio ambiente. La energía es esencial en la infraestructura de los centros educativos porque permite conseguir condiciones de comodidad en las aulas como la temperatura e iluminación que son indispensables para los procesos de enseñanza.

Asimismo, la energía brinda la oportunidad a los docentes y alumnos de utilizar tecnologías para el aprendizaje. Por ello, en el presente trabajo de investigación se muestra un estudio comparativo entre un colegio regular privado y un colegio sostenible en el cual se aprecia el porcentaje de ahorro de consumo energético al cual pueden llegar los centros educativos. Dicho estudio se basa en la comparación del consumo de artefactos y equipos electrónicos presentes en el colegio regular privado y los equipos que se utilizan en un colegio sostenible.

El desarrollo del estudio inicia presentando la definición de conceptos de consumo energético, certificaciones LEED y colegio sostenible. Luego, se presentarán como ejemplos de este último a las instituciones educativas “Franklin Roosevelt” y “Villa Per Se” en Perú, y “Rochester” en Colombia. Seguidamente, se brinda información de factores que influyen en el consumo energético en un colegio, posibles alternativas de solución para mejorarlo y, finalmente, se inicia el proceso comparativo. Para esto, se procede con la descripción del colegio regular privado enunciando sus generalidades, ambientes, equipos electrónicos y consumo de energía eléctrica estimado. Seguidamente, se realiza el mismo análisis para el caso del colegio sostenible de estudio. Finalmente, a partir de los resultados de consumo de energía eléctrica se determina el porcentaje de ahorro que logra un colegio sostenible y se enuncian conclusiones y recomendaciones al respecto.

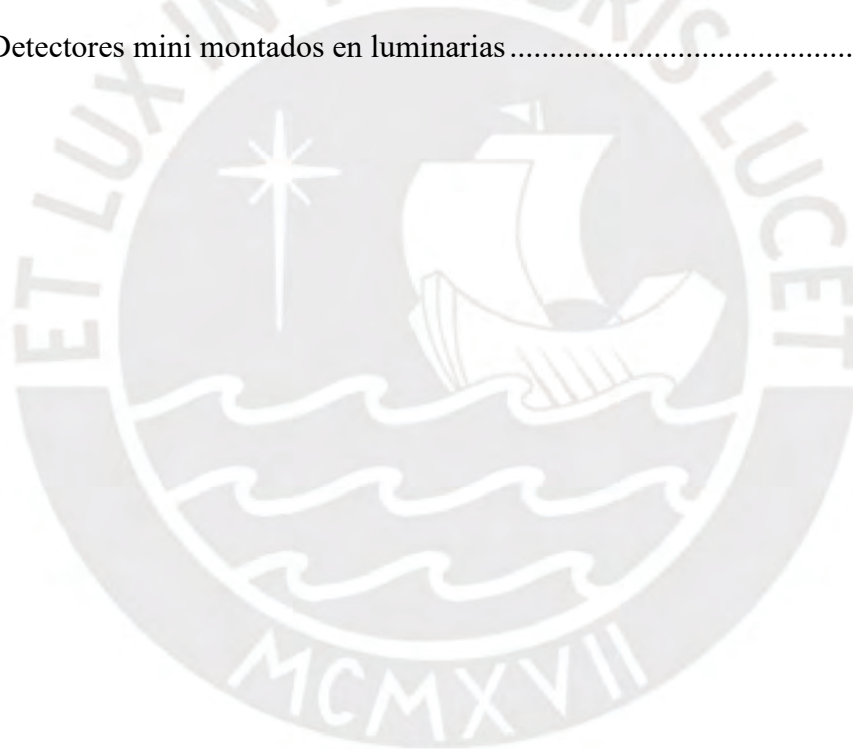
## Tabla de Contenido

Resumen .....	i
Tabla de Contenido.....	ii
Índice de Figuras .....	iv
Índice de Tablas.....	v
Capítulo I: Generalidades .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación .....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos .....	3
1.4. Alcance .....	3
1.5. Limitaciones.....	4
1.6. Metodología .....	5
Capítulo II: Revisión de la Literatura.....	6
2.1. Consumo energético.....	7
2.1.1. Definición.....	7
2.1.2. Consumo energético a nivel nacional y mundial.....	7
2.1.3. Certificaciones LEED.....	8
2.2. Colegios Sostenibles .....	9
2.2.1. Definición.....	9
2.2.2. Antecedentes .....	10

2.2.3. Factores que influyen en el consumo energético en un colegio .....	18
2.2.4. Alternativas de solución para mejorar el consumo energético.....	20
Capítulo III: Estudio Comparativo .....	26
3.1. Colegio regular privado .....	26
3.1.1. Generalidades .....	26
3.1.2. Ambientes.....	27
3.1.3. Artefactos y equipos .....	28
3.1.4. Consumo de energía eléctrica estimado .....	30
3.2. Colegio regular privado sostenible .....	37
3.2.1. Generalidades .....	37
3.2.2. Ambientes.....	37
3.2.3. Artefactos y equipos .....	38
3.2.4. Consumo de energía eléctrica estimado .....	42
3.3. Discusión de resultados.....	50
Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones .....	52
Referencias .....	55

## Índice de Figuras

Figura 2: Edificio Roosevelt The Commons, Colegio Roosevelt .....	11
Figura 3: Aulas bioclimáticas del colegio Villa Per Se .....	12
Figura 4: Colegio Rochester de Chía, Cundinamarca, Colombia.....	13
Figura 5: Consumo de energía eléctrica del colegio Rochester durante los años mencionados.....	14
Figura 6: Distribución del campus del Colegio Rochester en Colombia .....	15
Figura 7: Sistema de paneles solares para la calefacción de duchas .....	16
Figura 8: Modelos por computadora. Vista interior y exterior de aulas.....	21
Figura 9: Detectores mini montados en luminarias .....	24



## Índice de Tablas

Tabla 1 Asignación de puntos para diferentes categorías en el sistema de calificación LEED v. 2009.....	9
Tabla 2 Resultados y comparación del comportamiento de luminarias incandescentes y LED. ....	23
Tabla 3_Artefactos y equipos por ambientes .....	28
Tabla 4 Consumo de energía de luminarias.....	31
Tabla 5 Consumo de energía del proyector propuesto .....	32
Tabla 6 Consumo de energía de las computadoras propuestas .....	33
Tabla 7 Consumo de energía de los parlantes propuestos .....	33
Tabla 8 Consumo de energía equipos de ventilación propuestos.....	34
Tabla 9 Consumo de energía de artefactos de cocina propuestos .....	35
Tabla 10 Consumo de energía de las luces de emergencia.....	36
Tabla 11_Consumo de energía de postes de luz.....	36
Tabla 12 Artefactos y equipos .....	38
Tabla 13 Consumo de energía de luminarias.....	42
Tabla 14 Consumo de energía del proyector propuesto .....	43
Tabla 15 Consumo de energía de las computadoras propuestas .....	44
Tabla 16 Consumo de energía de los parlantes propuestos .....	45
Tabla 17 Consumo de energía equipos de ventilación propuestos.....	46
Tabla 18 Eficiencia energética en los edificios .....	47
Tabla 19Consumo de energía de artefactos de cocina propuestos .....	48
Tabla 20 Consumo de energía de las luces de emergencia.....	49
Tabla 21 Consumo de energía de postes de luz.....	49
Tabla 22 Comparación del consumo eléctrico por equipos.....	50

## Capítulo I: Generalidades

### 1.1. Introducción

En el Perú, en el 2017, un estudio del Ministerio de Energía y Minas, mostró que el sector residencial, comercial y público representa alrededor del 25% de energía total consumida en el país. En cuanto al consumo de electricidad, en el 2015, se evidenció que el sector residencial presentó un consumo del 23% y el comercial, 18% (OSINERGMIN, 2015). Si bien las cifras no se muestran significativas, esto puede contribuir a un impacto ambiental y económico, y con ello afectar el aspirar a algún mejoramiento a nivel de infraestructura y servicios de los sistemas brindado. Por lo tanto, la presente investigación se enfocará en las instituciones educativas, las cuales se encuentran dentro de estos sectores y cuya presencia representa un porcentaje de consumo energético, ya sea por el uso de equipos multimedia, tomacorrientes y de alumbrado, principalmente.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, en el 2012, indica que el 76.8% de aulas de clases tienen servicio eléctrico operativo distribuyéndose en las zonas urbanas con un 88.8% y 59.1% en zonas rurales (INEI, 2012). Sin embargo, esto engloba tanto a instituciones educativas privadas y públicas, a pesar de que existen notorias diferencias entre ambos, ya que uno corresponde a empresas privadas con fines de lucro en su mayoría y el otro lo administra el Estado. Esto se evidencia con la calidad de los servicios básicos y el acceso a internet que cada uno otorga, junto con la infraestructura, tal como se muestra en un estudio del Instituto Peruano de Economía del 2019. Dicho estudio refleja que, a nivel nacional, el 49% de escuelas de un total de 62 mil encuestados tienen acceso a los tres servicios básicos, esto incluye al alumbrado eléctrico, de los cuales, el 70% pertenecen a zona urbana y el 30% a zona rural. Asimismo, fuera de Lima Metropolitana, el 82% de estudiantes pertenecen a un colegio público y de los cuales solo el 35% cuenta con los servicios básicos (Macera Poli, 2019).

A partir de la información presentada, se observa que el problema radica en reconocer la importancia de incentivar prácticas energéticas relacionadas al ahorro de este recurso debido a su considerable gasto actual a nivel nacional. Por tal motivo, el desarrollo del trabajo de investigación comprende la comparación del consumo energético entre dos colegios de similares características en cuanto a su distribución en ambientes, pero uno de ellos orientado al ahorro energético. Para ello, se plantean preguntas de investigación como: ¿En qué porcentaje es posible reducir el consumo energético en una institución educativa? ¿Cuáles son los equipos utilizados que tienen menor incidencia en el consumo energético? ¿Cuál es la diferencia en el consumo energético entre un colegio privado regular y uno sostenible?

## **1.2. Justificación**

Este trabajo de investigación busca abordar, desde el punto de vista del ahorro energético, un plan de mejora de las instalaciones eléctricas de un centro educativo. Los motivos que guiaron esta dirección de la tesis radican principalmente en un criterio ambiental.

Con el actual ritmo de vida la demanda de energía eléctrica para abastecer las necesidades de la población tiende al alza al igual que el número de habitantes que hacen uso de ella. Desafortunadamente, los medios para generar la energía eléctrica necesaria hacen que se recurra a fuentes de energía que contaminan el medio ambiente. Hasta el 2019 el sector eléctrico del Perú dependía de una producción de fuentes térmicas a base de hidrocarburos de cerca del 40% del total (21 242 GWh) con un incremento del 6% en relación a lo producido al año 2009 y se prevé que esta tendencia se mantendrá en posteriores años (MINEM, 2019). Es por ello que se tiene que motivar el consumo responsable de energía eléctrica a través de



la aplicación de acciones que contribuyan a este fin. De la mano de la implementación de mejoras en la gestión energética para minimizar el impacto al producir energía eléctrica se encuentra el aspecto económico, en el cual el usuario se verá beneficiado al pagar por consumos menores. A su vez, se escogió como objeto de estudio a las instituciones educativas porque en muchas de ellas se encuentra un potencial de mejora en cuanto a ahorro energético. Estos centros de formación reúnen a gran cantidad de estudiantes en cuyo desarrollo de aprendizaje emplean artefactos eléctricos de gran consumo de energía tales como luminarias, equipos multimedia, sistemas de ventilación, sistemas hidráulicos de bombeo para cisternas y/o piscinas; por lo cual, implementar mejoras en su consumo traerá notables beneficios a nivel ambiental y económico.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Comparar el consumo de artefactos y equipos eléctricos entre un colegio regular privado y un colegio sostenible.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Presentar los casos de colegios sostenibles en Latinoamérica
- Proponer una alternativa de mejoramiento energético para un colegio
- Cuantificar el consumo energético de los aparatos en los ambientes del colegio regular

### **1.4. Alcance**

En este trabajo se presenta una metodología para cuantificar el ahorro de energía posible en un colegio, mediante un procedimiento de comparación entre el sistema eléctrico

convencional y el propuesto en la presente investigación. Además, se determinará el ahorro energético en virtud de la aplicación generalizada de esta metodología propuesta y lograr reducir el problema energético de los centros educativos escolares de una manera sistemática.

Se realizarán medidas correctivas a través de un bosquejo teórico de los principales conceptos a utilizar a lo largo de la presente investigación, tales como: el ahorro energético, gestión tarifaria que engloba la iluminación del centro educativo, abastecimiento de los equipos necesarios debidamente asegurados mediante los sistemas de protección adecuados en cada caso, con la finalidad de cubrir las necesidades energéticas de una escuela.

### **1.5. Limitaciones**

Dada la coyuntura mundial actual por la pandemia originada por el SARS-COV-2, más conocido como el COVID 19, el gobierno peruano decretó la inmovilización obligatoria en todo el Perú para evitar la propagación de este virus. Debido a esto, la búsqueda de un colegio de estudio real no fue posible dado que no era viable realizar visitas y, por ello, se asumió valores como el área, cantidad de salones y alumnos por aula, y cantidad de artefactos y equipos eléctricos para el cálculo posterior del consumo de energía estimado. Asimismo, las reuniones de coordinación se realizaron vía zoom para evitar que los integrantes del grupo de investigación se reúnan durante el estado de emergencia.

Por otro lado, se recomienda que la aplicación de uno o más de los métodos aquí expuestos deben estar acompañados de un estudio de factibilidad a fin de corroborar el nivel de beneficio que tendrá tal mejora y verificar si se compensa la inversión que se piensa hacer en ella.

## 1.6. Metodología

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo del tipo comparativo, el cual tiene el propósito de recolectar datos de artefactos y consumo energético en colegios privados con base en la medición de eficiencia energética y potencia, con el fin de comparar el consumo energético de sistemas de equipos y aparatos eléctricos entre dos colegios.

La finalidad del trabajo consiste en proponer una alternativa de mejoramiento del ahorro energético en centros educativos considerando como variable la energía consumida por artefacto eléctrico.

De acuerdo a lo investigado, el trabajo se organizará en 4 etapas: la primera enfocada en la recopilación de datos estadísticos sobre el consumo de energía en los colegios, estándares de eficiencia y modelos sostenibles de colegios privados; la segunda, identificación de equipos, hábitos de consumo y áreas consumidoras de energía eléctrica en un colegio típico; la tercera, identificación de oportunidades de mejora, recomendaciones para el ahorro energético y cálculo del consumo energético por cada aparato eléctrico; y la cuarta, propuesta de mejora en base a los indicadores energéticos.

## Capítulo II: Revisión de la Literatura

La energía eléctrica se origina por el movimiento de cargas eléctricas dentro de un sistema de materiales conductores en un centro de producción. Esta puede ser generada por gas natural, tecnología hidráulica y tecnología solar y eólica, la cual es desarrollada por diversos centros de producción como centrales hidroeléctricas, nucleares, y otros que emplean combustibles fósiles. Luego, esta es conducida hacia hogares, centros comunitarios, hospitales, colegios, etc., mediante torres de alta tensión en zonas urbanas y rurales. Para el 2018, la cantidad de hogares con acceso a servicios de electricidad en el Perú alcanzó el 95.2% de un total de 9 millones de unidades analizadas, siendo las zonas urbanas las de mayor acceso con un 99% frente a la rural con un 82% (Macera Poli, 2019).

Del mismo modo, el caso de los colegios presenta un índice de acceso a este servicio con un 51% a nivel nacional. Dentro de estas, los colegios privados son los de mayor demanda de energía eléctrica dentro del rubro de la Educación Básica Regular al regirse bajo la jurisdicción de empresas y/o personas naturales dedicados al rubro de la educación y cuya economía depende de los ingresos de la mensualidad de los alumnos, pagos por derechos de inscripción, materiales bibliográficos y el pago por la participación en alguna actividad propia del plantel. Dichos ingresos permiten el mejoramiento de la infraestructura, sistemas y servicios que brindan los colegios y que, además, permiten la implementación de nuevas metodologías y planes de sostenibilidad, principalmente, para obtener alguna certificación internacional. En relación a esto, la disminución del consumo de energía eléctrica conlleva a la búsqueda de nuevos sistemas y aparatos que generen menos dióxido de carbono, principal fuente de contaminación. Dentro de esto, incluyen planes de estudio de ambientes sostenibles para su caracterización como Colegios Verdes.

## **2.1. Consumo energético**

### **2.1.1. Definición**

La demanda de electricidad se entiende por el consumo a través de aparatos o sistemas de generación eléctrica, la cual presentó un incremento mayor por el avance de la tecnología y mayor número demográfico de la población, migraciones, etc. Según un estudio de Cuantificación de ahorro de energía (Pavas Martínez et al., 2017), se deduce que la clasificación final del consumo de energía está en base a las decisiones del usuario final, es decir, personas que pertenecen a sectores residenciales, ya que la variación de este se produce generalmente por los costos de servicio. Asimismo, el uso de aparatos electrónicos y dispositivos eléctricos representa un importante indicador de consumo eléctrico, siendo el apartado de iluminación el de mayor índice y que puede ser reducida con el uso de nueva tecnología de mayor eficiencia.

### **2.1.2. Consumo energético a nivel nacional y mundial**

En relación con diferentes países del mundo, se observa que los países con mayor índice de consumo de electricidad son China, Estados Unidos, Japón y Rusia que durante 20 años al 2015 se produjo hasta un 100% de incremento, mientras que en el Perú el aumento ha sido del 200% desde los años 1992 al 2015. Asimismo, la proyección para el presente año 2020 en consumo de energía se previó del 23 650TWh a nivel mundial, mientras que para Latinoamérica se prevé un aumento menor a 5000 TWH. Este incremento se debe al mayor uso de energía renovable con menor costo y mayor eficiencia, además de la inclusión a este servicio a más ciudadanos en más lugares de la región (OSINERGMIN, 2015).

Tal como se explicó anteriormente, el consumo energético está ligado al acceso a electricidad en una región definida y al uso de tecnología con mayor eficiencia. En tal caso, la

situación de Perú en las zonas rurales indica que la electrificación es menor a 80%, mientras que su consumo per cápita fue menor al del consumo promedio mundial (3243 KWH) para el año 2014 según OSINERGMIN (2015).

### **2.1.3. Certificaciones LEED**

Actualmente existen en la industria diferentes sistemas de calificación para edificaciones verdes, tales como: LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment Assessment Method), CASBEE (Comprehensive Assessment System for Buildings Environmental Efficiency), Green Star NZ, entre otros. Uno de los más conocidos y que tiene la mayor cantidad de edificaciones certificadas es LEED, con 561 000 (Doan et al., 2017).

El sistema de certificaciones LEED para edificaciones verdes fue creado en 1998 y actualmente es considerado el sistema más adoptado a nivel mundial. Para que los proyectos de construcción puedan llegar a certificarse, estos son calificados mediante puntos de acuerdo a ciertos criterios específicos de las siguientes categorías:

- *Integrative process* (proceso integrador)
- *Location and transportation* (ubicación y transporte)
- *Sustainable sites* (sitios sostenibles)
- *Water efficiency* (uso eficiente del agua)
- *Energy and atmosphere* (eficiencia energética y atmósfera)
- *Materials and resources* (materiales y recursos)
- *Indoor environmental quality* (calidad del aire interior)
- *Innovation in design* (innovación en el proceso de diseño)
- *Regional priorities* (prioridades regionales)

Sin embargo, el puntaje adquirido por categoría depende del tipo de certificación a la cual se postula. Actualmente existen cinco tipos de certificación: NC (nuevas construcciones), EB (edificaciones existentes), CI (interiores comerciales), C&S y Escuelas, y para cada una de ellas los puntajes varían, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

*Asignación de puntos para diferentes categorías en el sistema de calificación LEED v. 2009.*

<b>Créditos</b>	<b>NC</b>	<b>CI</b>	<b>EB</b>	<b>C&amp;S</b>	<b>Escuelas</b>
Sitios sostenibles	26	21	26	28	24
Uso eficiente de agua	10	11	14	10	11
Eficiencia energética y atmósfera	35	37	35	37	33
Calidad del aire interior	15	17	15	12	19
Innovación en el diseño	6	6	6	6	6
Prioridades regionales	4	4	4	4	4
<b>Total de puntuación</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>110</b>

*Nota.* Adaptado de Kubba (2017)

## 2.2. Colegios Sostenibles

### 2.2.1. Definición

A partir de la investigación hecha por Magzamen et al. (2017), se obtiene un panorama amplio de lo que significa “Escuelas Verdes”. Este término engloba edificaciones sostenibles en el tiempo, cuyo diseño reduzca los consumos hídricos y energéticos, y, por consiguiente, una reducción de costos. Además de mejorar la comodidad que tendrán los estudiantes y docentes en las aulas de estudios, con lo cual contribuirá a aumentar el rendimiento académico. Un concepto que involucra también políticas de enseñanza eco

amigables a los estudiantes, las que parten de las implementaciones del mismo centro de estudio como ejemplos prácticos de los beneficios que tienen los proyectos sostenibles, tanto a nivel ecológico, económico y social.

### **2.2.2. Antecedentes**

En los últimos años, se ha venido mostrando una preocupación general por el impacto que dejan las actividades humanas, y ante esto, nuevas ideas para el cuidado del medio ambiente y el uso racional de los recursos (Rivera et al., 2017). Situación que incentivó el surgimiento de agrupaciones ambientales que trabajan para comunicar el mensaje de conciencia ecológica.

La idea de conciencia y cuidado ambiental es representada en el ámbito educativo mediante la creación de programas de Colegios Verdes. Estos programas combinan la adecuada infraestructura para optimizar el consumo de recursos y energía, reducción de la huella hídrica y de carbono, junto con charlas de educación a los estudiantes en temas de cuidado medioambiental (Peru GBC, 2016).

El proceso de implementación de iniciativas ambientales en colegios puede ser de muchos niveles. A continuación, y a modo de ejemplo, se presentan aquellos centros educativos que alcanzaron un nivel alto en estándares de cuidado del medio ambiente, por los que fueron acreedores de certificaciones LEED.

Tal como se explicó anteriormente, la certificación LEED considera lineamientos de sostenibilidad, ahorro de consumo de energía y agua, así como el aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos para clasificar a un edificio con las categorías Certificación, Plata, Oro y Platino. En relación con esto, los colegios que cuentan con dichas certificaciones son los siguientes:



- **Colegio Franklin Delano Roosevelt – Perú**

Cuenta con 9.30 hectáreas de campus ubicado en Camacho en el distrito de La Molina con 3 edificios destinados para la educación en etapa preescolar, primaria y secundaria. Dentro de estas, el edificio Roosevelt Elementary School (RES) junto con el The Commons son los dos primeros edificios en colegios sostenibles con certificación LEED en el Perú, siendo estas de categoría PLATA. Ambas consideran un ahorro en consumo de energía del 22% y 31%, respectivamente, por el uso de ventilación natural debido a ductos ubicados en la parte superior de las aulas que permiten un flujo del aire caliente hacia el exterior y la implementación de equipos de alta eficiencia como luminarias y aire acondicionado, así como la reducción de compuestos orgánicos volátiles (SUMAC, n.d.-a). Asimismo, cuenta con planes de estudio que consideran la ecoeficiencia y sostenibilidad.



*Figura 2: Edificio Roosevelt The Commons, Colegio Roosevelt*

*Fuente: Sumac (2020)*

- **Colegio Villa Per Se - Perú**

Se encuentra en el distrito de Chorrillos en la intersección de Calle Barlovento y Malecón Playa Venecia y cuenta con un área de 43 000 metros cuadrados distribuido en canchas deportivas, jardines, parques y biohuertos. Es el primer colegio en América en contar con la certificación LEED Platino en dos edificios de educación y certificación Oro en un edificio de administración según la U. S. Green Building Council en el año 2017 (U.S. Green Building Council, n.d.), sin considerar a Estados Unidos en la lista. Asimismo, se caracterizan por el ahorro de consumo de energía en un 45% al contar con ventilación natural por el diseño de arquitectura y el uso mínimo de sensores de iluminación y aire acondicionado. Del mismo modo, presenta un ahorro de 40% de consumo de agua y el 10% de material reciclado al proponerse planes de estudio de temas sostenibles y el incentivo del uso de medios de transporte con mínima generación de CO<sub>2</sub>, tal como las bicicletas (SUMAC, n.d.-b)



*Figura 3: Aulas bioclimáticas del colegio Villa Per Se*

*Fuente: Villa Per Se (n.d)*

- **Colegio Rochester - Colombia**

En el mundo, el número de colegios que aspiran a la certificación LEED va en ascenso. Según Keim (2018), en el 2017, se superó la cifra de 2000 colegios certificados a nivel mundial. En el caso de Colombia, el colegio Rochester, mostrado en la figura 4, es de categoría privado y está ubicado en la zona sub-rural del municipio de Chía en el departamento de Cundinamarca, obtuvo la certificación LEED Oro por el U.S. Green Building Council en el 2010. Es así como se convirtió en el primer colegio de América Latina en obtener dicho reconocimiento, gracias a una inversión de 35 mil millones de pesos colombianos.



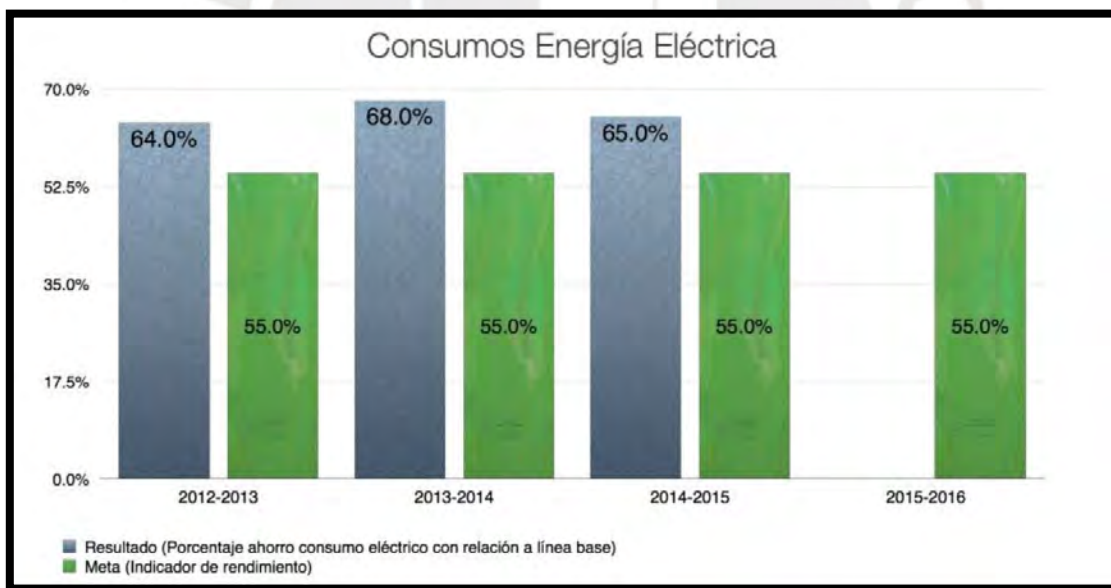
*Figura 4: Colegio Rochester de Chía, Cundinamarca, Colombia.*

*Fuente: Colegios Colombianos con sello verde de IQ Latino (2015)*

El proceso seguido para la obtención de dicha certificación inició desde una propuesta de diseño asesorada por especialistas. Además, tanto para la fase de diseño como construcción, se siguieron unas normativas ambientales tales como las de CAR (Corporación

Ambiental Regional), las normas del municipio de Chía y los estándares internacionales (EPA) (Publicaciones Colegio Rochester, 2016).

Principalmente, el colegio Rochester se caracteriza por acoger modelos sustentables para disminuir su huella ambiental, esto implicó que los materiales de construcción, las instalaciones y su operación son amigables con el ambiente. Se cuenta con una huerta, un invernadero y se han plantado alrededor de 400 especies nativas. Sin embargo, lo más rescatable son las alternativas que se utilizan para operar con un reducido consumo eléctrico y de agua (IQ Latino, 2015). En resumen, el colegio ahorra un 35% de agua y un 66% de energía eléctrica, como se observa en la figura 5. En la presente investigación, se limitará a detallar y analizar las medidas utilizadas para lograr la reducción del consumo de electricidad.



*Figura 5: Consumo de energía eléctrica del colegio Rochester durante los años mencionados.*

*Fuente: Publicaciones Colegio Rochester (2016)*

En cuanto a la distribución del campus del colegio Rochester, esta se reparte en un área total de 28,475.13 m<sup>2</sup>. Dentro de dicha área, se diseñó una planta física de 16,093.95 m<sup>2</sup> de acuerdo a las normativas de la municipalidad de Chía (Publicaciones Colegio Rochester, 2016). Los edificios construidos, mostrados en la figura 6, son los siguientes:

- Bloque 1: Preescolar y guardería
- Bloque 2: Primaria baja
- Bloque 3: Primaria alta y centro de recursos de para el aprendizaje
- Bloque 4: Escuela media, rectoría, vicerrectoría y centro de bienestar
- Bloque 5: Bachillerato alto
- Auditería: Auditorio y cafetería
- Centro acuático
- Mantenimiento
- Administración



*Figura 6: Distribución del campus del Colegio Rochester en Colombia*

*Fuente: Taller de Arquitectura de Bogotá de Daniel Bonillas (2019)*

Desde la fase de diseño, se consideró que el centro acuático y auditoría debían de contar con una estrategia energética, ya sea por el uso, el tipo de iluminación y los sistemas de calefacción para las piscinas. En cuanto al centro acuático, se utiliza un sistema de dos paneles solares térmicos, mostrados en la figura 7, cuya finalidad es la calefacción del agua de las dos piscinas y las duchas. Por un lado, para el caso de las duchas, su sistema de calentamiento se ubica en el techo del edificio de administración y genera una energía equivalente para llevar 12.28 m<sup>3</sup>/día de agua caliente a 40°C. Por otro lado, en cuanto a las dos piscinas, el sistema de energía solar térmica utilizado se ubica en el techo de la Auditoría. En ambos casos, se cumple la función de eliminar la necesidad de energía eléctrica o gas para calentar el agua.



*Figura 7: Sistema de paneles solares para la calefacción de duchas*

*Fuente: Revista Equipar (2014)*

En cuanto a las aulas de clase de los cinco bloques, sus diseños son iguales y tienen una capacidad para albergar a 24 estudiantes en un área de 65 m<sup>2</sup>, permitiendo establecer una temperatura óptima entre 19.6 y 24.4°C para contar un confort térmico. Generalmente, a la entrada de todos los edificios se cuenta con un baño para personas con movilidad reducida, un ascensor, un cuarto técnico y eléctrico para controlar los sistemas de acometidas de los elementos electromecánicos. Además, en el caso de los bloques 4 y 5, se colocaron en sus cubiertas alrededor de 92 paneles fotovoltaicos para cubrir las necesidades energéticas de todo el colegio. Asimismo, gracias a un estudio bioclimático, el diseño de los bloques del 1 al 5 permite un aprovechamiento de la luz natural y ganancia solar en términos de transferencia térmica desde la envolvente al interior de los espacios y un buen flujo de aire (Publicaciones Colegio Rochester, 2016).

En cuanto al consumo de energía eléctrica en Colegio Rochester, tal como se explicó anteriormente, el uso de sistemas de paneles o colectores solares de polipropileno y paneles fotovoltaica tanto para el centro acuático como los bloques de educación mencionados permite el uso de un sistema de autogeneración de energía eléctrica al generarse aproximadamente 24446 kWh por año, lo cual significa un ahorro del consumo eléctrico de la red pública.

Este sistema consta de 52 paneles ubicados en los bloques 4 y 5, divididos en 3 arreglos de 14 de estos, luego se unen para formar un solo sistema en la parte del inversor ubicado en los cuartos de máquinas de cada pabellón u edificio (Publicaciones Colegio Rochester, 2016). El uso de paneles solares de polipropileno permite el ahorro del 70 a 90% de energía para el calentamiento de agua.

Asimismo, para la parte de iluminación se previó el uso de luminarias LED sin mercurio con sensores de presencia y de luz de día para la reducción de su uso en lo máximo

posible. Este tipo de luminarias otorga una durabilidad de 25 veces el uso de una del tipo incandescente, usado en su mayoría por el costo bajo, y presentan una cantidad de mercurio nula que contribuye a la salud de los usuarios del colegio. Además, permite el ahorro de aproximadamente 70% de acuerdo con el tipo de potencia que se necesita para los ambientes. Además, se propuso el uso de lumiductos, lo cual se refiere a pequeños tubos de aluminio y espejos que permiten captar la luz solar y transferirla a ambientes cerrados. En el caso del colegio de estudio, se utilizó la tecnología de Solatubes, la cual permite la iluminación similar al uso de tres (3) lámparas fluorescentes compactas de 18W de cuatro tubos (Castillero, 2011).

Para el caso de la ventilación, se tuvo en cuenta el uso de ventilación natural más una ventilación mecánica compuesta por inyectores y cajas que permiten el flujo del aire cada vez que los sensores analizan la cantidad de CO<sub>2</sub> y la temperatura del ambiente. Este uso mínimo de la ventilación a través de sensores permite obtener un consumo de 1.84 kWh para un ventilador de impulsión (1.07kWh) y retorno (0.77) (Truninger, 2018).

### **2.2.3. Factores que influyen en el consumo energético en un colegio**

De acuerdo con varios estudios del consumo energético en escuelas de diferentes partes del mundo, se ha determinado que la localidad es un factor importante pues ciertas regiones tienen climas más tropicales o fríos, creando la necesidad de la utilización de sistemas de aire acondicionado, calefacción, etc.

Por un lado, según Chung & Yeung (2020), las variables que influyen en el consumo energético en una escuela se pueden agrupar en los tres siguientes grupos:

- Las características del edificio o pabellón
- El perfil de uso de energía



- Comportamiento de los ocupantes

Para el caso del perfil de uso de energía y el comportamiento de los ocupantes, ambos pueden ser directamente controlados por medio de la gestión de la misma escuela. Sin embargo, las características propias del edificio no necesariamente podrían ser modificadas una vez puesta en operación la edificación, pues implica variables como el número de ambientes, el número de plantas, la altura del edificio o pabellón, la forma, entre otras. En caso se quiera considerar las variables anteriormente mencionadas, será necesario analizarlas en la etapa de diseño de la edificación.

El perfil de uso de energía toma en cuenta variables como la iluminación, la calefacción, el sistema de ventilación, aire acondicionado, calentamiento de agua, computadoras, refrigeración, cocina y equipos de oficina. En cuanto, al comportamiento de los ocupantes, se podría incluir acciones como apagar las luces, aire acondicionado, y otros equipos cuando estos no estén siendo usados.

Por otro lado, un estudio en España publicado por la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (2011) indica que el mayor consumo de electricidad se da por el uso de luminarias y sistemas de climatización, las cuales se reparten un 52% del consumo de energía total, frente al 20% que significa el uso de equipamientos en general. Para tales casos, se explica lo siguiente:

- **Iluminación**

Este apartado significa el 35% del consumo eléctrico del total suministrada en las luminarias como luces fluorescentes de alto consumo y poca eficiencia, las cuales siempre están encendidas debido al diseño arquitectónico de la edificación que no permite el ingreso de luz natural. Un ahorro energético se prevé en una reducción del 20% al 85% si es que se

decide por la utilización de sistemas de control, cambio de aparatos de luminosidad más eficientes y el rediseño de la arquitectura de ser posible.

- **Climatización**

Por otro lado, la falta de ductos de ventilación y espacios libres de esparcimientos generan el uso de sistemas de aire acondicionado, los cuales suelen consumir un gasto mayor de energía. Asimismo, este tema va ligado al consumo energético en una instalación sanitaria, en la cual, si es que se propone cambios en los sistemas de control, consideraciones de la zonificación, temperatura, etc., se obtendrá reducciones de hasta 30% de energía, controlando su uso de acuerdo con la presencia o no de alumnos y trabajadores en un espacio.

- **Aparatos de equipamiento**

El uso de equipos en laboratorios, tales como computadoras, proyectores, laptops, etc., provocan un consumo aún mayor si es que estos equipos son antiguos o de gamma baja. Es por ello que el mantenimiento constante permite no solo la reducción del costo energético, sino que también indica la condición de un equipo y si es necesaria o no su renovación. Esto se realiza mediante verificaciones de controles de funcionamiento, calibraciones y detección de fugas.

#### **2.2.4. Alternativas de solución para mejorar el consumo energético**

En cada una de las variables del perfil de uso energético se puede implementar una serie de acciones y procedimientos orientados al ahorro de la energía eléctrica. A continuación, se hará un listado de ellos.

### 2.2.4.1. Iluminación

La iluminación es de alta importancia dentro de un centro educativo y representa en gran medida el uso de la energía eléctrica total que disponen los colegios. Ante ello surgen alternativas para reducir estos altos consumos y mantener un nivel de luminosidad alto para bienestar de los alumnos.

Existen dos tipos de fuentes de iluminación, el natural y artificial; por lo que respecto al ahorro energético se refiere, se busca mejorar las fuentes de iluminación natural y reducir al mínimo las artificiales.

En el caso de la iluminación natural, la investigación de Ledesma et al. (2005) señala que una distribución correcta de la arquitectura, en la que se priorice el uso de ventanales amplios, hace posible que se ahorre un 65 % de energía eléctrica en centros educativos argentinos, un modelo computacional diseñado para tal fin se observa en la figura 8. Si bien el ahorro dependerá de la ubicación geográfica de las instituciones, el usar eficientemente una distribución de ventanas amplias otorga un considerable ahorro en múltiples escenarios.



*Figura 8: Modelos por computadora. Vista interior y exterior de aulas.*

*Fuente: Orio et al. (2017)*

Por otro lado, se obtiene mejoras en la iluminación si se hace uso de un sistema lumínico artificial que reemplace focos de bombilla o tubos fluorescentes por luminarias LED. El trabajo de investigación de Dávila& Durán (2013) da como resultado que el uso de luces LED es superior a sistema de luminarias incandescentes, tanto en rendimiento, como flujo lumínico y tiempo de servicio. Si bien en un inicio el costo por instalación y compra de las lámparas LED es considerablemente mayor, con el pasar de los años la rentabilidad total del sistema LED puede llegar a ser 4 veces mayor en comparación al sistema incandescente.



Tabla 2

*Resultados y comparación del comportamiento de luminarias incandescentes y LED.*

<b>Descripción</b>	<b>Incandescente</b>	<b>LED</b>
Potencia instalada	3400 W	3400 W
Luminancia media	5281x	1671x
Flujo luminoso	122400lm	28578lm
Rendimiento global	1736 W	462 W
Potencia total consumida	2130 W	476 W
Consumo mensual	402.57 kwh	89.96 kwh
Costo anual	\$32.21	\$7.20
Costo de instalación	\$290.78	\$502.86
Costo acumulado (10 años)	\$4450.66	\$1224.86

*Nota.* Adaptado de Dávila & Durán (2013)

Adicionalmente a la implementación de luminarias LED se encuentra en la instalación de sensores de presencia y de movimiento una alternativa que complementa la reducción de energía eléctrica. La presentación del catálogo de la empresa de detectores de presencia Legrand (2018), indica que este tipo de sensores reduce en hasta un 60% el coste energético al apagar automáticamente parcial o totalmente, el conjunto de luminarias cuando un ambiente este sin la presencia de personas o cuando con el nivel suficiente de luz natural. Estos sensores pueden ubicarse en ambientes clave de tránsito variable de personas en centros de estudio, tales como pasadizos, escaleras, servicios higiénicos y aulas de enseñanza y de profesores. Herramientas cada vez más modernas que mejoran el uso inteligente de la energía y de fácil instalación en las mismas luminarias como se observa en la figura 9. En el que se

muestra la imagen de un detector de presencia que se coloca junto con la luminaria de tubos LED.



*Figura 9: Detectores mini montados en luminarias*

*Fuente: Legrand (2018)*

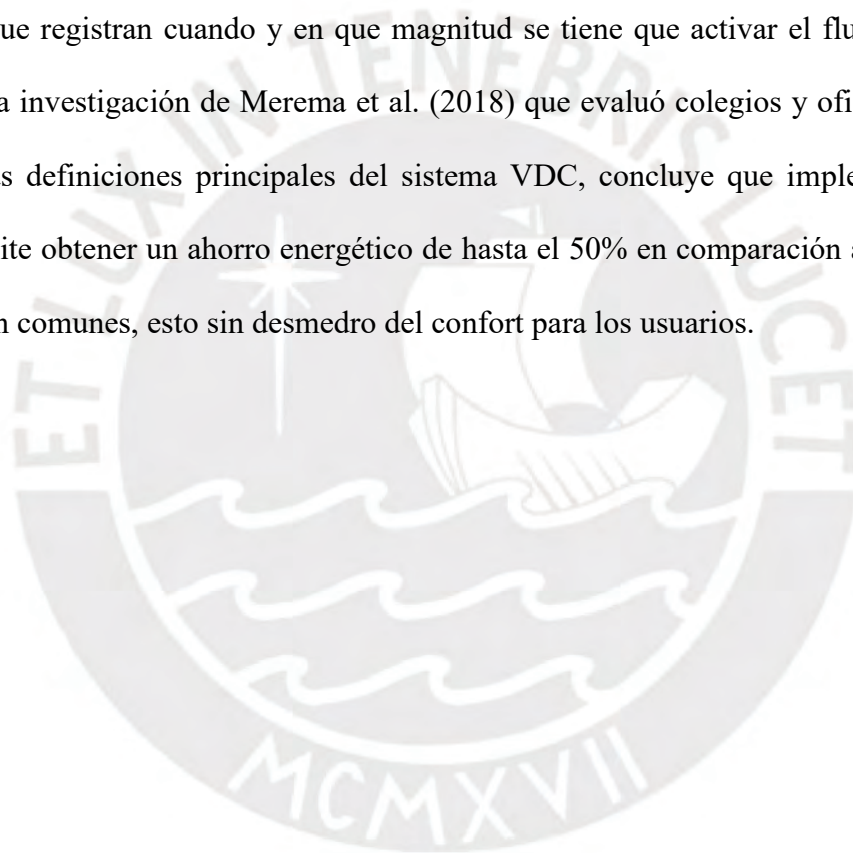
#### **2.2.4.2. Equipo de aire acondicionado y ventilación**

Los equipos de aire acondicionado son uno de los elementos que más se usan en épocas de verano y con ello se eleva el consumo de energía eléctrica. El estudio de tesis de Jimenez & Cuadra (2015), evaluó el consumo energético de un colegio en la ciudad de Lima y dio como resultado que hasta un 10% del consumo general de electricidad del centro educativo fue realizada por los sistemas de aire acondicionado. Un valor un elevado que requiere de alternativas que minimicen el impacto energético y ambiental que generan.

Entre las alternativas de mejora energética para el sistema de aire acondicionado en colegios, la investigación de Jimenez & Cuadra (2015) concluye que su uso debe ser restringido y en su reemplazo acondicionar mejoras a la ventilación natural, instalar ventanas amplias y que cuente con tecnología especial que aisle las aulas y evite que el calor ingrese en meses de altas temperaturas y regule el calor en épocas de invierno, como el caso de ventanas low-E. Una opción que complementa las ideas previas, es mantener la hermeticidad en los salones que tengan aire acondicionado, ya que las grandes fluctuaciones de

temperatura hacen que el consumo de energía eléctrica para que el equipo de aire acondicionado mantenga una temperatura acorde, será excesivamente mayor.

Otra de las alternativas de optimización energética es implementar el uso de ventilación mecánica. Uno de los sistemas que posee mejor comportamiento respecto al ahorro energético, es el modelo DVC (Ventilación controlada por demanda, por sus siglas en inglés), el cual según el número de personas que se encuentran en el ambiente que ventila, hace funcionar distintos niveles de flujo de aire. Esto es posible debido a sensores de dióxido de carbono que registran cuando y en que magnitud se tiene que activar el flujo de aire del ventilador. La investigación de Merema et al. (2018) que evaluó colegios y oficinas, además de brindar las definiciones principales del sistema VDC, concluye que implementar dicho sistema permite obtener un ahorro energético de hasta el 50% en comparación a mecanismos de ventilación comunes, esto sin desmedro del confort para los usuarios.



## Capítulo III: Estudio Comparativo

En el presente capítulo se desarrolla el estudio comparativo entre el consumo de energía eléctrica para dos colegios tipos; el primero de carácter regular y el segundo de modalidad sostenible. Para ambos tipos, se hará una comparación por ambiente y luego, se definirán los equipos o artefactos eléctricos que serán utilizados en cada uno. Además, se investigará la potencia (W) de cada equipo para poder calcular el consumo de energía eléctrica (kW/h). Finalmente, se mostrará la comparación final del consumo total entre el colegio regular privado y el sostenible.

### 3.1. Colegio regular privado

#### 3.1.1. Generalidades

La investigación lleva a evaluar un colegio privado como modelo de estudio para realizar un análisis del consumo energético representativo de estos centros de formación. Para ello, se toma de forma referencial un colegio privado que cuente con características generales de un grupo de escuelas en específico.

Se estima conveniente tomar como objeto de estudio un colegio dirigido a alumnos de un nivel socioeconómico medio a alto, ya que esto es un indicador de que dichas escuelas tienen instalaciones que pueden ser comparadas con colegios que cuenten con el certificado LEED, y que en su mayoría se tratan de colegios con elevado nivel económico para poder llevar a cabo las implementaciones eco sostenibles a un gran alcance. Esta elección de colegio particular es un ejemplo con fines de aplicación comparativa de la investigación, no quiere decir en ningún modo que los colegios de menor capacidad adquisitiva no puedan incorporar mejoras internas que se aproximen a las instaladas en las escuelas verdes LEED. Al no contar con el mobiliario y los ambientes necesarios, la evaluación del uso de la energía



eléctrica que contraponga al de los colegios LEED no será completa con este último tipo de escuelas.

### **3.1.2. Ambientes**

Los ambientes que dispone el colegio particular modelo son los que comúnmente se encuentran en edificaciones educativas y los cuales se listan a continuación:

- Aulas: Un total de 44 aulas (24 para nivel primario y 20 el nivel secundario)
- Laboratorios: Dos ambientes de laboratorios de computación
- Servicios higiénicos: 2 SSHH separados para cada nivel de estudio (primaria y secundaria)
- Sala de conferencias/asambleas
- Áreas libres (1 patio, 1 azotea)
- Oficina de dirección
- Sala de profesores
- Cafetería/comedor
- Biblioteca
- Enfermería
- Pasadizos
- Escaleras

### 3.1.3. Artefactos y equipos

Dentro de cada ambiente, anteriormente detallados, se proponen los siguientes equipos o artefactos a ser utilizados. En la tabla 3, se pueden observar dichos equipos y las potencias estimadas para cada uno:

Tabla 3

*Artefactos y equipos por ambientes*

<b>Ambiente</b>	<b>Equipo/Artefacto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia x equipo (W)</b>
Aula	Luminaria: Tubo fluorescente Súper 80 18W/865 G13	6	18
	Proyector Multimedia marca Westminster	1	90
	Computadora Desktop HP	1	350
	Ventilador: Ventilador de techo 56"	2	76
	Luminaria: Tubo fluorescente Súper 80 18W/865 G13	6	18
Laboratorio	Proyector Multimedia marca Westminster	1	90
	Computadora Desktop HP	31	350
	Aire acondicionado con capacidad de enfriamiento 12000 BTU/h	1	1850
	Luminaria: Tubo fluorescente Súper 80 18W/865 G13	12	18
Sala de conferencias	Proyector Multimedia marca	1	90

	Westminster		
	Computadora Desktop HP	1	350
	Ventilador: Ventilador de Pared 16"	6	55
	Parlantes Behringer	2	80
	<hr/>		
	Luminaria: Tubo fluorescente Súper	6	18
	80 18W/865 G13		
Sala de profesores	Proyector Multimedia marca Westminster	1	90
	Computadora Desktop HP	6	350
	Ventilador: Ventilador de Pared 16"	4	55
	<hr/>		
	Luminaria: Tubo fluorescente Súper	1	18
	80 18W/865 G13		
Dirección	Computadora Desktop HP	1	350
	Ventilador: Ventilador de Pared 16"	1	55
	<hr/>		
	Luminaria: Tubo fluorescente Súper	12	18
	80 18W/865 G13		
Biblioteca	Computadora Desktop HP	2	350
	Ventilador: Ventilador de Pared 16"	6	55
	<hr/>		
	Luminaria: Tubo fluorescente Súper	1	18
	80 18W/865 G13		
Enfermería	Computadora Desktop HP	1	350
	<hr/>		
	Luces de emergencia: Lámpara de Emergencia Automática Halux	4	10
Áreas libres	Postes de luz: Luminaria SRC Philips	4	250
	<hr/>		

Cafetería	Luminaria: Tubo fluorescente Súper 80 18W/865 G13	12	18
	Ventilador: Ventilador de Pared 16"	6	55
	Microondas modelo POGH21402	2	1000
	Refrigeradora de 300 L con congelador superior	1	350
	Licuada marca Imaco modelo BL4125VN de 1.5 L	1	500
SSHH	Luminaria: Lámpara UFO Dixon Lighting	3	36
Pasadizo	Luminaria: Tubo fluorescente Súper 80 18W/865 G13	4	18
	Luces de emergencia: Lámpara de Emergencia Automática Halux	4	10
Escalera	Luminaria: Tubo fluorescente Súper 80 18W/865 G13	6	18
	Luces de emergencia: Lámpara de Emergencia Automática Halux	6	10

*Nota.* Fuente: Propia

### 3.1.4. Consumo de energía eléctrica estimado

A continuación, con las potencias estimadas (W) y la cantidad de equipos por ambientes, se hará un cálculo del consumo total por equipo o artefacto.

- **Luminarias**

El conjunto de aparatos lumínicos para todos los ambientes considerados salvo en los SSHH, será el de Tubo fluorescente Súper 80 18W/865 G13. Este modelo es muy usado en centros educativos por su alta luminosidad de 2500 lm, fácil instalación y precio económico. Posee una potencia de 18 W. En el caso de la luminaria de los SSHH se considera un modelo de lámpara UFO Dixon Lighting con 18 W de potencia.

Tabla 4

*Consumo de energía de luminarias*

Artefacto/Equipo	Potencia (W)	Horas Uso (H)	Consumo por Hora (KWH)	Cantidad	Consumo Total (KW)
Tubo fluorescente TLD 36W/54-765 G13	18	8	0.144	330	47.520
Lámpara UFO Dixon Lighting	36	8	0.288	12	3.456
<b>Total</b>					<b>50.976</b>

*Nota.* Fuente: Propia

- **Proyector**

Según las especificaciones técnicas del tipo de proyector propuesto de la marca Westminster, se trata de un equipo multimedia fijo de 4000 lúmenes, el cual proyecta archivos con una resolución de hasta 200". Además, cuenta con entradas AV/VGA/USB/HDMI y tiene un consumo de energía de 90W. Con esta información, se

procede al cálculo del consumo energético por hora en KWH, los resultados se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 5

*Consumo de energía del proyector propuesto*

<b>Artefacto/Equipo</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Horas Uso (H)</b>	<b>Consumo por Hora (KWH)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo Total (KW)</b>
Proyector Westminster	90	6	0.540	48	25.920
<b>Total</b>					<b>25.920</b>

*Nota.* Fuente: Propia

- **Computadoras**

Según las especificaciones técnicas del tipo de computadora de escritorio propuesta de la marca HP, se trata de un modelo HP 290-P001BLA con un procesador Intel Core i3, memoria RAM de 4GB y un almacenamiento interno de 1TB. Además, se incluye una pantalla de 21.5 pulgadas con un sistema Windows 10. Para estimar el consumo de energía del equipo, se tomó en cuenta todas las piezas que lo componen, tales como el procesador, la tarjeta gráfica, la memoria RAM, el disco duro y unidad SSD, los ventiladores, etc. Finalmente, se estima un consumo de 350 W. Con esta información, se procede al cálculo del consumo energético por hora en KWH, los resultados se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 6

*Consumo de energía de las computadoras propuestas*

Artefacto/Equipo	Potencia (W)	Horas Uso (H)	Consumo por Hora (KWH)	Cantidad	Consumo Total (KWH)
Computadora Desktop	350	7	2.450	117	286.650
<b>Total</b>					<b>286.650</b>

*Nota.* Fuente: Propia

- **Parlantes**

Según las especificaciones técnicas del tipo de parlante propuesto de la marca BEHRINGER, se trata de un modelo CE500A-WH. Este equipo cuenta con entradas XLR y RCA, las cuales facilitan la configuración de su sistema en minutos. Además, tiene un consumo de energía de 80W de potencia. Con esta información, se procede al cálculo del consumo energético por hora en KWH, los resultados se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 7

*Consumo de energía de los parlantes propuestos*

Artefacto/Equipo	Potencia (W)	Horas Uso (H)	Consumo por Hora (KWH)	Cantidad	Consumo Total (KWH)
Parlantes Behringer	80	6	0.480	2	0.960
<b>Total</b>					<b>0.960</b>

*Nota.* Fuente: Propia

Nota. Fuente propia

- **Ventiladores y aire acondicionado:**

Según las especificaciones de equipos de ventiladores de pared de 16” con un promedio de potencia de entre 50W y 60W y aire acondicionado con capacidad de enfriamiento 12000 BTU/h, se estimó una potencia de 55W y 1850W respectivamente. Con esto, se procede al cálculo del consumo energético por hora en KWH y por hora al mes en KWH/mes y se muestra a continuación:

Tabla 8

*Consumo de energía equipos de ventilación propuestos*

<b>Artefacto/Equipo</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Horas Uso (H)</b>	<b>Consumo por Hora (KWH)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo Total (KWH)</b>
Ventilador de pared de 16”	55	6	0.330	199	65.670
Aire Acondicionado	1850	6	11.100	1	11.100
<b>Total</b>					<b>76.770</b>

*Nota.* Fuente: Propia

- **Artefactos de cocina:**

Se estimó el uso de artefactos electrodomésticos como una refrigeradora con una capacidad de 300 litros, la cual cuenta con un congelador en la parte superior y tiene un consumo promedio de potencia de 350W, dos microondas modelo POGH 21402 de 1000W y una licuadora de marca Imaco modelo BL4125VN de 1.5 L y de potencia 500W. Con esto, se procede al cálculo del consumo energético por hora en KWH y por hora al mes en KWH/mes y se muestra a continuación:



Tabla 9

*Consumo de energía de artefactos de cocina propuestos*

<b>Artefacto/Equipo</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Horas Uso (H)</b>	<b>Consumo por Hora (KWH)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo Total (KWH)</b>
Refrigeradora 300L	55	24	1.320	1	1.320
Microondas	700	2	1.400	2	2.8
Licuadaora Imaco	600	1	0.600	1	0.6
<b>Total</b>					<b>4.72</b>

*Nota.* Fuente: Propia

Nota. Fuente propia

- **Luces de emergencia**

Los modelos de equipos de luces de emergencia son muy variados, se asume en este caso un modelo común de Lámpara de Emergencia Automática Halux, la cual posee una potencia de 10W, un tiempo de carga completa de 24 horas y con un tiempo de uso de hasta 1.5 horas.

Tabla 10

*Consumo de energía de las luces de emergencia*

<b>Artefacto/Equipo</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Horas Uso (H)</b>	<b>Consumo por Hora (KWH)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo Total (KWH)</b>
Lámpara de Emergencia Automática Halux	10	24	0.240	14	3.360
<b>Total</b>					<b>3.360</b>

*Nota.* Fuente: Propia

Nota. Fuente propia

- **Postes de luz**

El tipo de luminaria para las áreas libres escogido es el modelo SRC Philips, el cual es anti vibrante y reforzado por una carcasa de acero galvanizado. Posee una potencia de 250W de gran poder lumínico para espacios abiertos.

Tabla 11

*Consumo de energía de postes de luz*

<b>Equipo</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Horas Uso (H)</b>	<b>Consumo por Hora (KWH)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo Total (KWH)</b>
Luminaria SRC Philips	250	12	3.000	4	12.000
<b>Total</b>					<b>12.000</b>

*Nota.* Fuente: Propia

## **3.2. Colegio regular privado sostenible**

### **3.2.1. Generalidades**

Entre las características más resaltantes del diseño e idealización de este centro educativo, se encuentra el tomar como modelo al colegio privado regular o típico que fue presentado en la primera parte de este capítulo. Para garantizar similitud entre ambos colegios se consideró tener los mismos ambientes junto con la misma cantidad de aparatos y equipos eléctricos en cada uno de ellos.

A su vez, se tomó en consideración el uso de tecnologías eco energéticas que contribuyan a reducir el impacto del consumo eléctrico tales como el uso de luminarias LED, sensores para el control de la iluminación en escaleras y pasadizos, y consideraciones arquitectónicas para aprovechamiento de la ventilación e iluminación natural. A partir de estos cambios se pudo obtener considerables mejoras en el uso de energía eléctrica, valores de marcada diferencia con el modelo del colegio privado regular.

Finalmente, en la implementación de los nuevos aparatos y equipos se asumió no considerar las capacidades económicas del colegio sostenible, se optó por solo evaluar el aspecto netamente energético y que eventualmente estos cambios se encuentren dentro en las posibilidades económicas del colegio.

### **3.2.2. Ambientes**

Los ambientes que dispone el colegio particular modelo son los que comúnmente se encuentran en edificaciones educativas y los cuales se listan a continuación:

- Aulas: Un total de 44 aulas (24 para nivel primario y 20 el nivel secundario)
- Laboratorios: Dos ambientes de laboratorios de computación

- Servicios higiénicos: 2 SSHH separados para cada nivel de estudio (primaria y secundaria)
- Sala de conferencias/asambleas
- Áreas libres (1 patio, 1 azotea)
- Oficina de dirección
- Sala de profesores
- Cafetería/comedor
- Biblioteca
- Enfermería
- Pasadizos

### 3.2.3. Artefactos y equipos

Dentro de cada ambiente, anteriormente detallados, se proponen los siguientes equipos o artefactos a ser utilizados. En la tabla 3.2.3.1, se pueden observar dichos equipos y las potencias estimadas para cada uno:

Tabla 12

#### *Artefactos y equipos*

<b>Ambiente</b>	<b>Equipo/Artefacto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia x equipo (W)</b>
	Luminaria: MAS LEDtube 900 mm 15W840 T8 RS	6	15
<b>Aula</b>	Proyector PowerLite Pro G6050WU WXGA 3LCD	1	75
	Laptop Aspire 5 A515-55-	1	65

	37JD 15.6" Core i3		
	Ventilador: Ventilador de Pared 16" PLUTON	2	45
	Luminaria: MAS LEDtube 900 mm 15W840 T8 RS	6	15
	Proyector PowerLite Pro G6050WU WXGA 3LCD	1	75
<b>Laboratorio</b>	Laptop Aspire 5 A515-55-37JD 15.6" Core i3	31	65
	Aire acondicionado Split R-410 12000 BTU/h	1	1250
	Luminaria: MAS LEDtube 900 mm 15W840 T8 RS	12	15
	Proyector PowerLite Pro G6050WU WXGA 3LCD	1	75
<b>Sala de conferencias</b>	Laptop Aspire 5 A515-55-37JD 15.6" Core i3	1	65
	Ventilador: Ventilador de Pared 16" PLUTON	6	45
	Parlantes Bluetooth	2	60
	Luminaria: MAS LEDtube 900 mm 15W840 T8 RS	6	15
<b>Sala de profesores</b>	Proyector PowerLite Pro G6050WU WXGA 3LCD	1	75
	Laptop Aspire 5 A515-55-	6	65

	37JD 15.6" Core i3		
	Ventilador: Ventilador de Pared 16" PLUTON	4	45
	Luminaria: MAS LEDtube 900 mm 15W840 T8 RS	1	15
<b>Dirección</b>	Laptop Aspire 5 A515-55-37JD 15.6" Core i3	1	65
	Ventilador: Ventilador de Pared 16" PLUTON	1	45
	Luminaria: MAS LEDtube 900 mm 15W840 T8 RS	12	15
<b>Biblioteca</b>	Laptop Aspire 5 A515-55-37JD 15.6" Core i3	2	65
	Ventilador: Ventilador de Pared 16" PLUTON	6	45
	Luminaria: MAS LEDtube 900 mm 15W840 T8 RS	1	15
<b>Enfermería</b>	Laptop Aspire 5 A515-55-37JD 15.6" Core i3	1	65
	Luces de emergencia: Lámpara de Emergencia LED Automática	4	3
<b>Áreas libres</b>	Postes de luz: Luminaria Pública LED GBLX	4	100
<b>Cafetería</b>	Luminaria: Tubo fluorescente	12	18

	Súper 80 18W/865 G13		
	Ventilador: Ventilador de Pared 16" PLUTON	6	45
	Microondas Panasonic SB34HMRPK 25 lts	2	800
	Refrigeradora LG Top Freezer de 312 L	1	32
	Licuadaora HAMILTON BEACH 58158 1.4 L	1	350
<b>SSHH</b>	Luminaria: Downlights Empotrados LED	3	15
	Luminaria: Tubo fluorescente Súper 80 18W/865 G13	4	18
<b>Pasadizo</b>	Luces de emergencia: Lámpara de Emergencia LED Automática	4	10
	Luminaria: Panel LED Circular- OSLER con sensor de movimiento	6	18
<b>Escalera</b>	Luces de emergencia: Lámpara de Emergencia LED Automática	6	10

*Nota.* Fuente: Propia

### 3.2.4. Consumo de energía eléctrica estimado

A continuación, con las potencias estimadas (W) y la cantidad de equipos por ambientes, se hará un cálculo del consumo total por equipo o artefacto.

- **Luminarias**

El conjunto de aparatos lumínicos para todos los ambientes considerados salvo la de los baños, será el de Tubo LED denominado MAS LEDtube 900 mm 15W840 T8 RS, este modelo cuenta con un rendimiento de 172 lm/W, es muy usado en centros educativos debido por su alta luminosidad de 2580 lm, fácil instalación y precio económico. Posee una potencia de 15 W.

En el caso de la luminaria de los SS.HH. se considera un modelo Downlight LED 15W fijo circular para empotrar a techos con 1150 lúmenes, encendido instantáneo y protección al medio ambiente.

También, se optará por un panel circular LED para adosar con sensor de movimiento incorporado la iluminación de los tramos de escaleras. Además, proporciona un flujo luminoso de 1440 lm con eficiencia de 80 lm/w.

Tabla 13

*Consumo de energía de luminarias*

Artefacto/Equipo	Potencia (W)	Horas Uso (H)	Consumo por Hora (KWH)	Cantidad	Consumo Total (KW)
MAS LEDtube 900 mm 15W840 T8 RS	15	8	0.120	324	38.88



Downlight LED 15W	15	8	0.120	12	1.440
Panel LED Circular- OSLER con sensor de movimiento	18	2	0.036	6	0.216
<b>Total</b>					<b>40.536</b>

Nota. Fuente propia

- **Proyector**

El proyector Epson Powerlite Pro G6450WU Full HD, es perfecto para salas de reuniones de tamaño pequeño y mediano ideal para un aula de clase. Este proyector brinda la capacidad de presentaciones con colores vivos y brillantes a plena luz del día. Esto se explica por la tecnología 3LCD de Epson que permite una emisión de luz blanca y en color igual con 4.500 lúmenes y una resolución de calidad WUXGA.

- 4.500 lúmenes en color
- 4.500 lúmenes en blanco
- WUXGA, con un contraste de 5.000:1 y HDMI

Tabla 14

*Consumo de energía del proyector propuesto*

Artefacto/Equipo	Potencia (W)	Horas Uso (H)	Consumo por Hora (KWH)	Cantidad	Consumo Total (KW)
PowerLite Pro G6050WU WXGA 3LCD	75	6	0.450	48	21.600
<b>Total</b>					<b>21.600</b>

Nota. Fuente propia

- **Computadoras**

Según las especificaciones técnicas del tipo de computadora portátil propuesta de la marca Acer, se trata de un modelo Laptop Aspire 5 A515-55-37JD 15.6” Core i3 con un procesador Intel Core i3, memoria RAM de 8GB y un almacenamiento interno de 1TB. Además, se incluye una pantalla de 15.6 pulgadas con un sistema Windows 10. Para estimar el consumo de energía del equipo, se tomó en cuenta todo el valor de voltios y amperios que usa para la toma de corriente del cargado de la batería, se cuenta con 19 voltios y un amperio de 3.42 amperios. Finalmente, se estima un consumo de 65 W. Con esta información, se procede al cálculo del consumo energético por hora en KWH, los resultados se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 15

*Consumo de energía de las computadoras propuestas*

<b>Artefacto/Equipo</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Horas Uso (H)</b>	<b>Consumo por Hora (KWH)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo Total (KWH)</b>
Laptop Aspire 5 A515-55-37JD 15.6” Core i3	65	7	0.455	117	53.24
<b>Total</b>					<b>53.24</b>

Nota. Fuente propia

- **Parlantes**

Según las especificaciones técnicas del tipo de parlante propuesto de la marca RADIOSHACK. Está compuesto por una pantalla LCD e integrados controles de reproducción, posee woofer con un imán de 30 onz. Presenta conexiones Bluetooth, incluye ingreso USB y SD.

Además, presenta un reproductor MP3 con conector de micrófono de ¼". Se tiene un consumo de energía 60W de potencia. Con esta información, se procede al cálculo del consumo energético por hora en KWH, los resultados se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 16

*Consumo de energía de los parlantes propuestos*

Artefacto/Equipo	Potencia (W)	Horas Uso (H)	Consumo por Hora (KWH)	Cantidad	Consumo Total (KWH)
Parlantes Bluetooth	60	6	0.360	2	0.720
<b>Total</b>					<b>0.720</b>

*Nota.* Fuente: Propia

- **Ventiladores y aire acondicionado:**

El ventilador Pluton de pared de 16" consume en promedio 45W de potencia con un flujo de aire de 1300RPM ideal para interiores y aire acondicionado Split R-410A con capacidad de enfriamiento 12000 BTU/h, se tiene por ficha técnica un consumo energético de 1250 W. Con esto, se procede al cálculo del consumo energético por hora en KWH y por hora al mes en KWH/mes y se muestra a continuación:

Tabla 17

*Consumo de energía equipos de ventilación propuestos*

<b>Artefacto/Equipo</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Horas Uso (H)</b>	<b>Consumo por Hora (KWH)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo Total (KWH)</b>
Ventilador de techo Génova 52” de 5 palas	45	6	0.270	199	53.73
Aire acondicionado Split R-410 12000 BTU/h	1250	6	7.500	1	7.500

*Nota.* Fuente: Propia

Adicionalmente, se plantea un sistema de climatización y confort térmico de ahorro energético natural en el centro educativo en la etapa de diseño del mismo. En donde, es importante conocer los lineamientos arquitectónicos y condiciones del entorno (temperatura del aire, radiación de la superficie, humedad relativa y velocidad del viento) para entablar algunas estrategias de eficiencia energética.

Algunos mecanismos de control que grafica Arnabat, Idoia (2015) sobre la eficiencia energética en edificios y climatización eficiente, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 18

*Eficiencia energética en los edificios*

<b>Construcción del edificio y su envolvente</b>	
<b>Inercia térmica de los materiales</b>	Materiales de alta densidad para conservar la energía térmica.
<b>Control de la radiación solar</b>	Disminuye la necesidad de refrigeración hasta un 50% si hay mecanismos de protección solar.
<b>Orientación del edificio</b>	Optimizar la orientación al norte ahorra hasta un 34% en consumo de calefacción.
<b>Aislamiento térmico</b>	Eliminar puentes térmicos y el doble acristalamiento con cámara de aire permite ahorrar hasta un 27% en consumo de calefacción.
<b>Garantizar una buena ventilación</b>	Una buena ventilación permite prescindir del aire acondicionado, aún bajo temperaturas de hasta 28°C.
<b>Regular la aportación de calefacción y refrigeración</b>	El sistema instalado y la gestión puede generar un ahorro energético de 30% y disminuir emisiones contaminantes hasta un 47%.

*Nota.* Fuente: Propia

- **Artefactos de cocina**

Los electrodomésticos básicos a disponer son: una refrigeradora LG con una capacidad de 312 litros con tecnología Door Cooling e iluminación LED, la cual cuenta con un congelador en la parte superior y tiene un consumo promedio de potencia de 32W; dos microondas modelo NN-SB34HMRPK de 800W de 25 litros y una licuadora de marca Hamilton con jarra de tritan modelo 58158 de 1.4 L y de potencia 350W.

Con esto, se procede al cálculo del consumo energético por hora en KWH y por hora al mes en KWH/mes y se muestra a continuación:

Tabla 19

*Consumo de energía de artefactos de cocina propuestos*

<b>Artefacto/Equipo</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Horas Uso (H)</b>	<b>Consumo por Hora (KWH)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo Total (KWH)</b>
Refrigeradora LG 312L	32	24	0.768	1	0.768
Microondas Panasonic 25 L	800	2	1.600	2	3.200
Licuadora HAMILTON 1.4 L	350	1	0.350	1	0.350
<b>Total</b>					<b>4.318</b>

*Nota.* Fuente: Propia

- **Luces de emergencia**

La lámpara de emergencia LED 3W posee con un tiempo de carga entre 15 a 24 horas y una autonomía aproximada de 3 horas para 128 lúmenes en un rango de 80m<sup>2</sup>. Además, cuenta con resistencia a exteriores IP65.

Tabla 20

*Consumo de energía de las luces de emergencia*

<b>Artefacto/Equipo</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Horas Uso (H)</b>	<b>Consumo por Hora (KWH)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo Total (KWH)</b>
Lámpara de Emergencia LED Automática	3	24	0.072	14	1.008
<b>Total</b>					<b>1.008</b>

*Nota.* Fuente: Propia

- **Postes de luz**

El tipo de luminaria pública LED CBLX en áreas libres como ciclovías, estacionamiento al aire libre, parques y zonas de esparcimiento. El modelo AX-LD-G001 de 100W de potencia tiene una eficiencia del 89 % considerando 13,000 lúmenes. Además, el sistema óptico y la cubierta están sellados con junta de silicona que brinda alta hermeticidad con grado de protección IP66.

Tabla 21

*Consumo de energía de postes de luz*

<b>Artefacto/Equipo</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Horas Uso (H)</b>	<b>Consumo por Hora (KWH)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo Total (KWH)</b>
Luminaria Pública LED CBLX	100	12	1.200	4	4.800
<b>Total</b>					<b>4.800</b>

*Nota.* Fuente propia

### 3.3. Discusión de resultados

A continuación, en la tabla 22, se muestra un comparativo entre el consumo de energía por equipo o artefacto considerado en cada colegio analizado

Tabla 22

*Comparación del consumo eléctrico por equipos*

Equipo/Artefacto	Consumo Total (KWH)		% Ahorro
	Colegio Típico	Colegio Típico	
	Privado	Sostenible	
Luminaria	50.976	40.536	20.480
Proyector	25.920	21.600	16.667
Computadora/Laptop	286.65	53.240	81.427
Parlantes	0.960	0.720	25.000
Ventilador	65.670	53.37	18.730
Aire acondicionado	11.100	7.500	32.432
Artefactos de cocina	4.720	4.318	8.517
Luces de emergencia	3.360	1.008	70.000
Postes de luz	12.000	4.800	60.000
<b>TOTAL</b>	<b>461.356</b>	<b>187.092</b>	<b>59.447</b>

*Nota.* Fuente: Propia

A partir de la tabla resumen presentada, se puede observar como la implementación de equipos eco amigables hace que se reduzca considerablemente el total del consumo diario dentro de un centro educativo. Entre los puntos más importantes a destacar se encuentra el



impacto de los sistemas de luz en conjunto (luminarias, luces de emergencia y postes de luz), ya que representa cerca del 15% respecto al total de consumo. Estos son a su vez los que mayor porcentaje de reducción de consumo poseen en contraste entre un colegio típico privado y un colegio de similares características orientado a la sostenibilidad energética, con hasta un 30%.

En el caso de los sistemas de ventilación se presenta un panorama similar. Tanto los ventiladores como el aire acondicionado reducen su consumo a más del 20%, lo que lo convierte en un factor con altos efectos de disminución en el uso de energía eléctrica. La situación se mantiene cuando se habla de equipos electrodomésticos usados en colegios. El que genera mayor impacto, y por mucho, es el consumo de las computadoras ubicadas en cada aula que llegan a un gasto de 287 KWH. Los otros equipos (Artefactos de cocina) cuentan con consumos reducidos producto de su escasa cantidad en comparación al resto.

Finalmente, la tabla comparativa es clara al mostrar el nivel de disminución del consumo energético que se produce al sustituir elementos y equipos eléctricos por su contraparte eco energética, en cada uno de los ítems considerados se observan ahorros, otorgándose un desempeño total de reducción de cerca del 60% al colegio típico sostenible.

## Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones

1. Se evidencia que el cambio de artefactos y equipos por otros de menor consumo energético considerando los mismos ambientes de un colegio genera un ahorro del 59% de electricidad. Asimismo, esto demuestra que el uso de nueva tecnología como sensores de presencia, luces LED, laptops y ventilación no solo produce este ahorro, sino que permite obtener una certificación de sostenibilidad y menor producción de CO<sub>2</sub> en el ambiente
2. Se observa un mayor porcentaje de ahorro de energía eléctrica en el cambio de uso de computadoras por laptops, luces de emergencia con sensores y postes de luz con luminarias LED, siendo estas mayores a 80%, 70% y 60%, respectivamente.
3. El cambio del uso de luminarias fluorescentes por LED en los ambientes del colegio permite obtener un ahorro de energía eléctrica del 20% debido, principalmente, a la poca potencia que consume y mayor duración a lo largo del tiempo. Además, esta podría ser aprovechada al incluirse sensores de presencia en los ambientes, pasadizos y escaleras para disminuir las horas de funcionamiento, lo cual generaría aún un mayor ahorro. Del mismo modo, el uso de luces de emergencia con sensores de presencia en las zonas de pasadizos y escaleras permite un ahorro significativo del 70% debido al menor tiempo de uso.
4. En cuanto al sistema de ventilación, se sabe que es de carácter importante porque influye considerablemente en el confort térmico de los ocupantes en cada uno de los ambientes y, por ello, es necesario considerar los equipos suficientes para poder garantizarlo. Sin embargo, se observó que el sistema de ventilación es uno de los factores que más incluyen en el consumo energético de una edificación. Esto se evidenció al investigar la potencia consumida por cada equipo de ventilación, por ejemplo, para el caso del aire acondicionado en la que un solo equipo consume 1850W.

5. Si bien una alternativa para mejorar el consumo energético del sistema de ventilación fue considerar otros equipos que tengan un menor consumo, otra opción es la modificación de la arquitectura de los ambientes. Se sugeriría utilizar vidrios con la tecnología “low-E” en las ventanas de cada ambiente ya que de esta manera se reduciría la cantidad de calor entrante por radiación en el verano y la salida del calor concentrado al interior de los ambientes en el invierno.
6. Para un adecuado ahorro de energía en los centros educativos es necesario identificar los principales artefactos consumidores de energía eléctrica como los sistemas de iluminación, cómputo y ventilación.
7. Un estudio y reestructuración del consumo energético permite conseguir ahorros en promedio del 50%; por tanto, un diseño sustentable brinda una adecuación ecoeficiente en infraestructuras con miras a optar una certificación LEED.
8. Como se observó en los casos de colegios sostenibles, los cambios en artefactos y equipos eléctricos, ventilación, nueva tecnología y consideración de la arquitectura permite obtener un menor consumo electricidad y menor gasto económico a través del tiempo. Esto muestra la diferencia considerable con un colegio privado regular, cuyo consumo energético es aún mayor si no se consideran soluciones, tal como se evidencia en la investigación realizada.
9. Se sugiere considerar un correcto modelo de arquitectura de un proyecto que busca una certificación de sostenibilidad que consista en ambientes con mayor iluminación natural y ventilación, estudios de temperaturas de ambiente y de luz natural según distintas épocas del año y ubicación del proyecto. Esto implica el menor uso de artefactos de consumo eléctrico y, por tanto, un menor consumo de energía que se traduce a un menor costo energético de acuerdo con la actividad a la que se proyecta.

10. Como recomendación para futuras líneas de investigación, se plantea implementar el uso de paneles solares, como el caso del colegio Rochester en Colombia, para aprovechar la radiación solar y generar energía eléctrica para que el colegio pueda ser autosustentable con sus consumos eléctricos.



## Referencias

- Arnabat I. (2015, Marzo 26). Eficiencia energética en edificios y climatización eficiente (infografía). Construcción Sostenible. *Caloryfrio.com*. Recuperado de: <https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/casas-pasivas-y-edificios-energia-casi-nulo/climatizacion-eficiencia-energetica.html>
- (Comunidad de Madrid/Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid). (2011). *Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en centros docentes*. La Suma de Todos. [www.madrid.org](http://www.madrid.org)
- Castillero, M. A. (2011). *SISTEMA DE TRANSPORTE VERTICAL DE LUZ NATURAL: "LUMIDUCTOS"* [Universidad Autónoma Metropolitana]. <https://core.ac.uk/download/pdf/128741018.pdf#page=69&zoom=100,-125,659>
- Chung, W., & Yeung, I. M. H. (2020). A study of energy consumption of secondary school buildings in Hong Kong. *Energy and Buildings*, 226, 110388. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110388>
- Dávila, M. A., & Durán, E. F. (2013). Utilización de Luminarias Led como Reemplazo de Luminarias Incandescentes y Fluorescentes: Análisis de Potencias. *Revista Técnica" energía"*, 9(1), 150-155. <https://doi.org/10.37116/REVISTAENERGIA.V9.N1.2013.145>
- Doan, D. T., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Zhang, T., Ghaffarianhoseini, A., & Tookey, J. (2017). A critical comparison of green building rating systems. *Building and Environment*, 123, 243–260. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.07.007>
- García Gonzalez, V., Bonilla Ruiz, J., & Cadena Sanchez, L. (2015). Instituciones educativas sustentables en Colombia caso de estudio colegio Rochester [Universidad del Rosario]. In *instname: Universidad del Rosario*.

<https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/10720>

INEI. (2012). *Resultados de la Encuesta Nacional a Instituciones Educativas de Nivel Inicial y Primaria, 2012 29 2.1 INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE NIVEL INICIAL Y PRIMARIA 2.1.1 Distribución de las instituciones educativas de nivel inicial y primaria por área de residenc.*

[https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1098/cap02.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1098/cap02.pdf)

IQ Latino. (2015, March). *Colegios colombianos con sello verde.*

Jimenez Sandoval, M. V., & Cuadra Chuquipiondo, J. P. R. (2015). *Elaboración de un plan de ecoeficiencia energética del Colegio Villa Cáritas.* (Tesis de Licenciatura) Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2151>

Keim, K. (2018, February). *Class of 2017: LEED-certified schools make an impact.* U.S. Green Building Council.

Kubba, S. (2017). Impact of Energy and Atmosphere. In *Handbook of Green Building Design and Construction*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-810433-0.00009-5>

Ledesma, S. L., Cisterna, S., Márquez Vega, G., Quiñones, G. I., Nota, V. M., & Gonzalo, G. (2005). Evaluación del ahorro energético en iluminación artificial en aulas de edificios escolares en Tucumán. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 9. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/82324>

Legrand. (2018). Detectores de movimiento y presencia: Innovación. Funcionalidad. Simplicidad. Recuperado de <https://www.legrand.es/documentos/Catalogo-Tecnico-Detectores-de-Movimiento-CP-Legrand.pdf>

Macera Poli, D. (2019). *Análisis y Situación del Desarrollo de Infraestructura en el Perú.*

[http://www.afin.org.pe/pdfs/Diego Macera - Estudio\\_ Análisis y situación del desarrollo de infraestructura en el Perú \(1\).pdf](http://www.afin.org.pe/pdfs/Diego Macera - Estudio_ Análisis y situación del desarrollo de infraestructura en el Perú (1).pdf)

Magzamen, S., Mayer, AP, Barr, S., Bohren, L., Dunbar, B., Manning, D., Reynolds, SJ., Schaeffer, Suter, J. y Cross, JE (2017). A Multidisciplinary Research Framework on Green Schools: Infrastructure, Social Environment, Occupant Health, and Performance. *Revista de salud escolar*, 87 (5), 376-387.  
<https://doi.org/10.1111/josh.12505>

Merema, B., Delwati, M., Sourbron, M., & Breesch, H. (2018). Demand controlled ventilation (DCV) in school and office buildings: Lessons learnt from case studies. *Energy and Buildings*, 172, 349-360. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.04.065>

MINEM. (2019) Anuario Ejecutivo De Electricidad 2019. Tomado de <http://www.minem.gob.pe/publicacion.php?idSector=6&idPublicacion=614>

Orio, S., Ledesma, S. L., & Nota, V. M. (2017). Condiciones lumínicas en aulas prototípicas de escuelas de reciente construcción de la provincia de Tucumán. Evaluación y propuestas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente-AVERMA*, 21, 49-60.  
<http://portalderevistas.unsa.edu.ar/ojs/index.php/averma/article/view/1258>

OSINERGMIN. (2015). *REPORTE DE ANÁLISIS ECONÓMICO SECTORIAL SECTOR ELECTRICIDAD El Mercado Mundial de la Electricidad Año 4-Nº 6-Diciembre 2015*.  
[www.osinergmin.gob.pe](http://www.osinergmin.gob.pe)[http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca\\_osinergmin/estudios\\_economicos](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca_osinergmin/estudios_economicos)

Pavas Martinez, F. A., Gonzalez Vivas, O. A., & Sanchez Rosas, Y. S. (2017). Cuantificación del ahorro de energía eléctrica en clientes residenciales mediante acciones de gestión de demanda. *Revista UIS Ingenierías*, 16(2), 217-226.  
<https://doi.org/10.18273/revuin.v16n2-2017020>

Peru GBC (2016). Coalición De Escuelas Verdes. Recuperado de <https://www.perugbc.org.pe/site/coalicion-de-escuelas-verdes>

Portafolio (2019, febrero 19). Rochester el colegio más sostenible de la región. Portafolio. Recuperado de <https://www.portafolio.co/tendencias/rochester-el-colegio-mas-sostenible-de-la-region-526559>

Publicaciones Colegio Rochester. (2016). *Cartilla científica rochester sostenibilidad* . <https://issuu.com/publicacionescolrochester/docs/cartilla-cientifica-rochester-v2.co>

Rivera-Hernández, J. E., Blanco-Orozco, N. V., Alcántara-Salinas, G., Houbron, E. P., & Pérez-Sato, J. A. (2017). ¿Desarrollo sostenible o sustentable? La controversia de un concepto. *Posgrado y Sociedad. Revista Electrónica del Sistema de Estudios de Posgrado*, 15(1), 57-67. <https://doi.org/10.22458/rpys.v15i1.1825>

SUMAC. (n.d.-a). *Colegio Roosevelt | Portfolio | SUMAC*. Retrieved October 26, 2020, from <https://sumacinc.com/es/portfolio/colegio-roosevelt-edificio-the-commons>

SUMAC. (n.d.-b). *Villa Per Se // Pabellón Inicial | Portfolio* . Retrieved October 26, 2020, from <https://sumacinc.com/es/portfolio/villa-per-se-kindergarten>

Taller de Arquitectura de Bogotá de Daniel Bonillas (2019). Retrieved December 4, 2020, from <http://portfolios.uniandes.edu.co/gallery/77020489/TAB-Colegio-Rochester-Produccion-de-imagenes>

Truninger, K. (2018, February 2). *Sistemas de VAV con ventiladores controlados según la demanda - Climatización e Instalaciones*. <https://www.interempresas.net/Instaladores/Articulos/208456-Sistemas-de-VAV-con-ventiladores-controlados-segun-la-demanda.html>

U.S. Green Building Council. (n.d.). *Colegio Villa Per Se Inicial*. Retrieved October 26,



2020, from <https://www.usgbc.org/projects/colégio-villa-se-inicial?view=team>

Villa Per Se (n.d). Página oficial. Recuperado de <https://www.villaperse.edu.pe/campus/>

