



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**

Diseño de un sistema domótico para determinar la disminución del  
consumo de energía eléctrica en edificio multifamiliar

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Velasquez Cervantes, Jose Imer (orcid.org/0000-0002-0297-4031)

**ASESOR:**

Msc. Celada Padilla, James Skinner (orcid.org/0000-0002-5901-2669)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**CHICLAYO – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Esta investigación está dedicada a Dios por el guía en la búsqueda del conocimiento, así como a nuestros padres por su apoyo constante.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento a todos mis docentes de la Escuela de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y a mis compañeros con quien compartimos no solo conocimientos, sino también vivencias durante el periodo de estudios.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<u>CARÁTULA .....</u>	<u>i</u>
<u>DEDICATORIA .....</u>	<u>ii</u>
<u>AGRADECIMIENTO .....</u>	<u>iii</u>
<u>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</u>	<u>iv</u>
<u>ÍNDICE DE TABLAS .....</u>	<u>v</u>
<u>ÍNDICE DE FIGURAS .....</u>	<u>vi</u>
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	11
3.2. Variables y operacionalización .....	11
3.3. Población, muestra, muestreo .....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	12
3.5. Procedimientos .....	14
3.6. Método de análisis de datos .....	15
3.7. Aspectos éticos .....	15
IV. RESULTADOS .....	16
V. DISCUSIÓN .....	51
VI. CONCLUSIONES .....	55
VII. RECOMENDACIONES .....	56
REFERENCIAS .....	57
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución en Niveles de edificio multifamiliar .....	16
Tabla 2. Registro de Máxima Demanda, en kW, Año 2022.....	20
Tabla 3. Registro de Consumo de energía eléctrica, en kW-h, Año 2022.....	21
Tabla 4. Indicadores Estadísticos de consumo eléctrico, 2022 .....	22
Tabla 5. Registros de mediciones horarias de energía eléctrica kW-H .....	30
Tabla 6. Consumidores eléctricos áreas comunes .....	34
Tabla 7. Registro de consumo de agua por cada dpto, 2022. ....	37
Tabla 8. Registro promedio de Consumo de agua (m3 al día). ....	39
Tabla 9. Registro Promedio de tiempo de funcionamiento de aire acondicionado (horas al día). .....	40
Tabla 10. Indicadores estadístico de tiempo de funcionamiento de aires acondicionados.....	41
Tabla 11. Consumo promedio de energía eléctrica por aire acondicionado (KW-h/mes) .....	42
Tabla 12. Ficha Técnica Interruptor Temporizador.....	51
Tabla 13. Disminución del consumo de energía eléctrica en escaleras y pasadizos .....	52
Tabla 14. Consumo de energía eléctrica luminarias de escaleras y pasadizos KW.H/día .....	33
Tabla 15. Costos de la inversión inicial.....	37
Tabla 16. Ahorro de Energía Eléctrica por equipamiento propuesto. ....	43
Tabla 18. Flujo de caja .....	46
Tabla 19. Cálculo de Valor Actual Neto .....	48
Tabla 20. Tasa Interna de Retorno.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura de cada departamento de 105 m <sup>2</sup> .....	17
Figura 2. Estacionamientos en Primer Nivel.....	17
Figura 3. Registro de Máx Demanda. Primer Nivel, 2022.....	23
Figura 4. Registro de Máx Demanda. Dptos Segundo Nivel, 2022.....	24
Figura 5. Registro de Máx Demanda. Dptos Tercer Nivel, 2022.....	24
Figura 6. Registro de Máx Demanda. Dptos Cuarto Nivel, 2022.....	25
Figura 7. Registro de Máx Demanda. Dptos Quinto Nivel, 2022.....	25
Figura 8. Registro de Máx Demanda. Dptos Sexto Nivel, 2022.....	26
Figura 9. Registro de Máx Demanda. Dptos Setimo Nivel, 2022.....	26
Figura 10. Registro de Consumo de Energía Eléctrica. Primer Nivel, 2022.....	27
Figura 11. Registro de Consumo de Energía Eléctrica. Dptos Segundo Nivel, 2022.....	27
Figura 12. Registro de Consumo de Energía Eléctrica. Dptos Tercer Nivel, 2022.....	28
Figura 13. Registro de Consumo de Energía Eléctrica. Dptos Cuarto Nivel,2022.....	28
Figura 14. Registro de Consumo de Energía Eléctrica. Dptos Quinto Nivel,2022.....	29
Figura 15. Registro de Consumo de Energía Eléctrica. Dptos Sexto Nivel,2022.....	29
Figura 16. Registro de Consumo de Energía Eléctrica. Dptos Setimo Nivel,2022.....	30
Figura 17. Registro de consumo horario de energía eléctrica KW-H em diferentes departamentos de edificio multifamiliar.....	33
Figura 18. Registro de consume de agua mensual en edificio, 2022.....	38
Figura 19. Consumo de energía eléctrica por electrobomba en KW-H/mes.....	40
Figura 20. Sistema Hidroneumático de bombeo de agua.....	45
Figura 21. Interruptores termporizadores.....	49
Figura 22. Elementos del circuito de termporización de interruptores de luminaria.....	50
Figura 23. Consumo de energía eléctrica luminarias de escaleras y pasadizos KW.H/día.....	33
Figura 24. Controlador de Nivel de Iluminación.....	36

## RESUMEN

La presente investigación, tuvo como objeto de estudio el control del consumo de energía eléctrica en los departamentos de un edificio residencial de la ciudad de Chiclayo, y está enmarcado dentro de las políticas de ahorro de energía que está incentivando el Ministerio de Energía y Minas; el estudio hace un análisis de los consumos de energía eléctrica, en cada uno de los 22 departamentos y 1 área de uso común, y con ello se planteó propuestas del uso de dispositivos que funcionen, bajo un régimen de control eficiente de la energía eléctrica.

El estudio se inició haciendo una recopilación detallada de los consumos de energía eléctrica mensual, así como de mediciones de energía a diferentes horas del día, con la finalidad de conocer el ritmo del uso de los usuarios tanto en cantidad de energía como en el tiempo del uso; teniendo énfasis en la necesidad de uso del equipo, como en la utilidad en el momento de su utilización. Se verificó que existe equipos eléctricos que funcionan de manera innecesaria, es decir no se utiliza el efecto de la energía útil, como es el caso del control del aire acondicionado, para lo cual se propuso un sistema de control automático, basado en los parámetros de uso eficiente. En el caso de las luminarias, se hizo la propuesta de tener un control en el apagado y encendido, así como también del consumo de energía eléctrica en función al nivel de iluminación del ambiente. También se realizó el planteamiento de un sistema hidroneumático para el bombeo de agua, utilizando sistemas de control automático.

Además, se hizo la evaluación económica de la propuesta de utilización de sistemas automáticos para el control de las cargas eléctricas, obteniendo ahorro en la facturación, y con una inversión de 18247.8, se obtuvo un valor actual neto de S/ 2,772.86, tasa interna de retorno de 3.85%, y relación beneficio costo de 1.15, indicadores que hacen viable la elaboración de la propuesta.

Palabras clave: Automatización de uso de cargas eléctricas, nivel de iluminación, facturación eléctrica.

## **ABSTRACT**

The object of this research was the control of electrical energy consumption in the apartments of a residential building in the city of Chiclayo, and is framed within the energy saving policies that the Ministry of Energy and Mines is encouraging; The study carried out an analysis of electrical energy consumption in each of the 22 departments and 1 common use area, and with this, proposals were made for the use of devices that work, under a regime of efficient control of electrical energy.

The study began by making a detailed compilation of monthly electrical energy consumption, as well as energy measurements at different times of the day, in order to know the rhythm of user use both in terms of energy quantity and time of use. use; having emphasis on the need to use the equipment, as well as the usefulness at the time of its use. It was verified that there is electrical equipment that works unnecessarily, that is, the effect of useful energy is not used, as is the case of air conditioning control, for which an automatic control system was proposed, based on the parameters of efficient use. In the case of the luminaires, the proposal was made to have control over turning them off and on, as well as the consumption of electrical energy based on the level of lighting in the environment. A hydropneumatic system for pumping water was also proposed, using automatic control systems.

In addition, the economic evaluation was made of the proposal to use automatic systems to control electrical loads, obtaining savings in billing, and with an investment of 18247.8, a net current value of S/ 2,772.86 was obtained, internal rate of return of 3.85%, and benefit-cost ratio of 1.15, indicators that make the preparation of the proposal viable.

Keywords: Automation of use of electrical loads, lighting level, electrical billing.



## I. INTRODUCCIÓN

Los consumos medios mensuales de energía eléctrica en España, en el sector domiciliario, son de 270 kilowatt hora, es decir un consumo anual de 3272 kilowatt hora al año; el alto consumo tiene su causa en el tiempo de funcionamiento de los equipos electrodomésticos, es decir se tiene un uso inadecuado. (Red Eléctrica Española, 2019).

El consumo eléctrico por los sistemas de iluminación dentro de las viviendas, representan entre el 12 y 18% del consumo total; este valor se da debido a que las luminarias no tienen un Sistema automatizado, tienen un calentamiento considerable, están conectados con conductores eléctricos no dimensionados para la cantidad de Corriente eléctrica, y para la caída de tensión. En países como Colombia y Chile, se han regulado éstos equipos, con las etiquetas de consumo eléctrico, sin embargo no existe una fiscalización para su utilización. (Huamán-Rojas, 2017).

Los principales consumidores de energía eléctrica en las viviendas en España, lo constituyen 10 equipos, de los cuales 4 tienen un consumo del 70%, y son los que se usan frecuentemente, pero no tienen un control de apagado encendido automático, en la figura 1, se muestra los principales consumidores de energía eléctrica en un departamento en un edificio multifamiliar en la ciudad de Madrid, España. (Red Eléctrica Española, 2019).

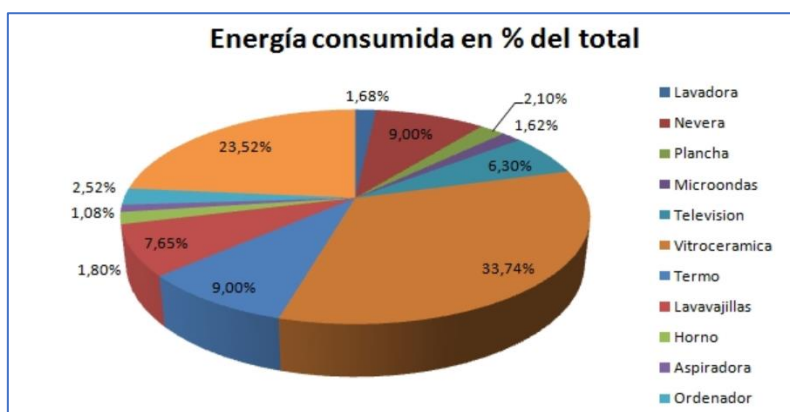


Figura 1. Energía consumida en Departamento de edificio multifamiliar.

Fuente: Red Eléctrica Española, 2019

Los sistemas de iluminación y equipos electrodomésticos en el interior de las viviendas, funcionan en un periodo de tiempo, en el cual no guardan relación con el tiempo de utilidad; es por ello que las facturaciones eléctricas son elevadas, además de los niveles de eficiencia de las cargas eléctricas. (Dirección General de Eficiencia Energética- MINEM, 2021).

El factor de carga, es el indicador que muestra la eficiencia del uso de la energía eléctrica dentro de un periodo de tiempo; existe viviendas con factor de carga entre el 15 y 20%, así como viviendas entre 65 y 89% de factor de carga; ésta desigualdad, tiene como causal que no se tiene un pliego tarifario para cada tipo de consumidor domiciliario. (OSINERGMIN, 2019).

El alto consumo de energía eléctrica de las cargas eléctricas en edificaciones, tiene su causa en el uso inadecuado; básicamente porque los usuarios, no tienen la actitud de manipular éstas cargas eléctricas, durante el tiempo de uso. (Chucuya, 2021).

Las electrobombas que se utilizan para el accionamiento de agua potable en los edificios de la ciudad de Lima, no tiene el dimensionamiento en cuánto a caudal y potencia eléctrica, es por ello que el consumo de energía eléctrica tiene un valor significativo dentro de un periodo de tiempo. En 1 día, el consumo de energía para una electrobomba de 1 HP de potencia eléctrica (746 kW), la cual funciona en promedio 3 veces al día durante periodos de 20 minutos, tiene como resultado un consumo mensual entre 25 y 35 kilowatt hora; si se tiene en cuenta que la facturación mensual es de 150 kW; la electrobomba representa un consumo eléctrico entre el 15 y 25% del total. (OSINERGMIN, 2020).

En la ciudad de Chiclayo, los sistemas eléctricos de las viviendas, no tienen un diseño adecuado; los conductores eléctricos, no están dimensionados, los equipos que convierten la energía eléctrica en energía térmica, son los que registran mayor consumo, como es el caso de las termas, cocinas eléctricas, hervidores eléctricos, planchas eléctricas, secadores de pelo. La tarifa eléctrica en el sector doméstico, no regula su uso, debido a que es una tarifa plana.

La formulación del problema del Proyecto de investigación: ¿Cómo diseñar un sistema domótico que determine la disminución del consumo de energía eléctrica en edificio multifamiliar.

Se justificó económicamente el proyecto, porque ello determinó la disminución de la facturación eléctrica, debido a que los componentes que se usaran son de bajo consumo eléctrico, por el cual esto beneficia el incremento del control integral del edificio sin alterar el costo del servicio. Ambientalmente se justificó, debido a que si se tiene menor consumo de energía eléctrica, se tiene menor emisión de gases de escape si esa energía fue generada térmicamente. En el aspecto técnico se justificó el Proyecto porque existen mecanismos como sensores y actuadores, los cuales son controlados y programados por un Sistema de control eléctrico. Socialmente el Proyecto tiene relevancia porque mejoran la calidad de vida de las personas que viven en el edificio, debido a que tendrán acceso al uso de los equipos eléctricos, tanto en el momento que se requiera, así como su apagado en el momento que no se requiera de ellos.

El objetivo general de la investigación fue: Diseñar un sistema domótico para determinar la disminución del consumo de energía eléctrica en edificio multifamiliar; para lo cual se planteó 4 objetivos específicos: realizar una evaluación del consumo actual de energía eléctrica de cada carga eléctrica; determinar los parámetros eléctricos de utilización de las cargas eléctricas, diseñar un sistema domótico que automatice el uso de las cargas eléctricas en las viviendas multifamiliares, y hacer una evaluación económica de la propuesta.

La hipótesis de la investigación: el diseño de un sistema domótico determina la disminución del consumo de energía eléctrica en edificio multifamiliar.

## II. MARCO TEÓRICO

Saguma (2018), en su trabajo de investigación buscó determinar la reducción del consume de energía eléctrica en las instalaciones de un edificio, para lo cual hizo un diseño de un Sistema domótico; propuso la instalación de sensores y actuadores en los dispositivos que controlan a los circuitos de iluminación, de ventilación, de los aires acondicionados. La gestión automática de la energía se hizo en la iluminación, y la climatización de las áreas comunes, así como de los circuitos eléctricos que controlan la seguridad en el edificio. El objetivo general de la investigación fue de diseñar un Sistema denominado domótico que reduzca la cantidad de energía eléctrica facturada cada mes en un edificio de la ciudad de Chiclayo. La investigación fue aplicada, con un diseño pre experimental; y tuvo como resultados que en cada nivel del edificio multifamiliar se redujo el consumo de energía eléctrica, así como la disminución de la máxima demanda, la cual ocurre entre las 19.00 y 22.00 horas. Concluye que con la implementación del Sistema domótico, el ahorro mensual es de 14.39 kW.h por día en todo el edificio, es decir que fue corroborada la hipótesis planteada; así mismo logró determinar que las cargas que requieren un control automático son las que están en el interior de cada departamento, las cargas que están instaladas en el pasadizo central, diseñando sensores de proximidad y de presencia. En cuanto a los niveles de iluminación, planteó el uso de sensores de iluminación, a fin de controlar la cantidad de intensidad de luz en cada una de las luminarias. En cuanto a la factibilidad económica, los indicadores económicos mostraron que tiene un valor actual neto de S/. 1886.4, que es consecuencia de una inversión inicial de S/. 5336.4, y un TIR de 6.9%, la relación del beneficio con el costo fue de 1.54 Soles; valores que hicieron factible la propuesta

Mamani (2019), describió la problemática en términos de seguridad en las viviendas, mostrando según las estadísticas del INEI, que el 12.8% de las viviendas en la ciudad de Lima, han sufrido algún tipo de robo, para lo que plantea como parte de la solución, desarrollar un Sistema domótico que fue controlado mediante dispositivos móviles, es decir realizar vigilancia remota de las viviendas

multifamiliares. La metodología que utilizó en la investigación fue aplicada, de tipo experimental, y propuso el uso de una metodología denominada extreme programming (XP), el cual está desarrollado en 4 fases, siendo: 1) la planificación, es decir recolectar información de los requerimientos de seguridad en cada instalación de la vivienda; 2) diseño de cada uno de los prototipos de comunicación; 3) Realización de la codificación de los requerimientos y 4) Realización de pruebas.

Para el diseño del Sistema propuesto, utilizó herramientas tales como Open Hardware y el uso del software con tecnología Arduino, sensores PIR, sensor Buzzer pasivo, Shield Ethernet, para el desarrollo de la aplicación se utilizó NativeScript-Vue y Firebase como base de datos.

Entre los resultados mas significativos de la investigación fueron que logró realizar la integración de dispositivos domóticos, elaborando una placa Arduino, con lo cual se utilizó el servidor HTTP; además se visualizó el video en tiempo real, desde la cámara; así mismo pudo realizar el control del Sistema de luces y las alarmas, los cuales fueron controlados desde los dispositivos móviles.

Valverde (2022). En su artículo científico denominado “Manual para la optimización de servicios en proyectos de iluminación en sistemas domóticos en residencias de Lima”, hace referencia que en la ciudad de Lima y en las principales provincias del Perú, se están implementado las denominadas casas inteligentes, con la utilización del internet; el uso de pulsadores, de botoneras, sensores y de aplicativos, los cual pueden ser programados en las diferentes horas del días, meses y años, con lo cual los habitantes de la viviendas tienen una mayor calidad de vida, es decir altos niveles de confort; además los consumos de energía eléctrica, tiene valores inferiores a los valores promedios estándares de las viviendas. Sin embargo hace énfasis en que la utilización de éstos sistemas no son de conocimiento y los usuarios no lo utilizan algunas veces de manera adecuada; el desconocimiento tiene implicancias en cuanto al uso adecuado de los equipos, y la manipulación no correcta, hace que dichos dispositivos salgan de funcionamiento. La principal razón de la publicación es de elaborar un manual, el cual irá evolucionando en el tiempo, y presenta aspectos de diseño, instalación y mantenimiento, de éstas nuevas tecnologías en las viviendas, con

procedimientos que sean amigables en la interacción del Sistema con el cliente.

Jaquima, Paucar, Torpoco, Abanto & Carrillo (2021), en su informe final de tesis *Criterios de instalación para una vivienda domótica multifamiliar. Caso: Sensores en áreas comunes*, realizaron una descripción de la problemática en cuanto a la correcta instalación de los equipos que controlan automáticamente los circuitos eléctricos de las cargas, las cuales deben activarse de acuerdo a los requerimientos del Usuario final. La opción de utilizar ésta tecnología tiene 3 motivos, siendo la del confort, el ahorro del consumo de energía eléctrica y de la seguridad; éstas tres razones son analizadas a fin de cuantificar como influye la domótica en el sector domiciliario. Utilizó sensores como elementos principales del Sistema, e hizo en detalle el procedimiento a fin de lograr identificar cuales son los criterios que se requieren para instalar el Sistema domótico en viviendas ubicadas dentro de un edificio. En el diseño planteado, utilize normativa actual, así como las disposiciones legales vigentes, y de las recomendaciones de los Ingenieros expertos en la domótica; utilizó normativa estandarizada Europea. Se logró diseñar los criterios en función a las fases que requiere la implementación del Sistema domótico, calculando los parámetros de funcionamiento y la eficiencia que tienen las cargas eléctricas dentro del tiempo especificado. Como conclusión de la investigación, se identificó los criterios para la adecuada instalación de los sensores en las áreas de uso común, dentro de un edificio. Recomendada que es necesario que se cuente con un documento de ámbito nacional, en el cual se plasme la realidad de los diversos criterios que existen, para la operación de los sistemas domóticos que controlan las cargas eléctricas de los departamentos de los edificios multifamiliares.

Córdova, Gutiérrez, Mendoza, Ayala & Zorrilla (2021), en su tesis denominada: *Gestión energética mediante la aplicación de la domótica en instalaciones eléctricas*, hizo un enfoque de la investigación de tipo aplicativo del uso de los sistemas domóticos en las instalaciones eléctricas, con la finalidad de optimizar la gestión energética. El objetivo general de la investigación es fomentar la implementación de la domótica con la finalidad de mejorar y tener buena gestión de la energía eléctrica; se plantearon 3 objetivos específicos que fueron:

presentar un estudio de la situación actual de la domótica en el Perú; determinar las alternativas de tecnologías que enfocan el ahorro de energía en los consumidores eléctricos dentro de los centros de carga y de comparar la cantidad de energía eléctrica que se ahorra con respecto a viviendas que no tienen implementado el sistema domótico. La investigación fue descriptiva, recolectó información de las viviendas que se beneficiaron con el uso de la domótica, haciendo el registro del consumo de energía eléctrica en cada domicilio; el tipo de diseño que se utilizó en la investigación es no experimental transversal. En el análisis de la realidad nacional en cuanto a la domótica, hizo una evaluación de la influencia de éste en la generación de energía en general, y que el 90.3% es de generación eléctrica.

Entre sus conclusiones más relevantes es que el sistema domótico que se aplica en el sector residencial, es factible el ahorro de energía eléctrica, la cual se ve reflejada en la facturación mensual, así mismo tiene un aporte en la disminución de la huella de carbono. Así mismo concluye que la domótica si se usa como herramienta mejora la calidad de vida de las personas que tienen alguna discapacidad motriz, visual, o que tengan edad avanzada, porque los sistemas de iluminación, los equipos electrodomésticos y los de uso de calor, puedan ser controlados automáticamente. La domótica además puede ser accionada con energías no convencionales, como es el caso del uso de los paneles fotovoltaicos, o la energía eléctrica generada en los aerogeneradores, y de esa manera incrementar la eficiencia energética de las cargas eléctricas de uso residencial.

Sin embargo, a pesar que existe tecnología de punta en los sistemas domóticos, los clientes tienen desconocimiento de su existencia, no gestionan eficientemente los recursos energéticos. Se prevé que en un futuro la domótica será parte de la tecnología en todas las viviendas, incluso con legislación apropiada que norme su uso.

Los sistemas domóticos tienen diferentes elementos, siendo los sensores, los dispositivos que captan el fenómeno físico y con él el envío de la información para la activación y/o desactivación de las cargas eléctricas. Existen diferentes tipos de sensores que se utilizan en los sistemas domóticos, e decir diferentes formas de detectar y emitir señales eléctricas. Los que funcionan con contacto directo, los que son sin contactos, los iónicos, los ópticos, mecánicos y eléctricos. El sensor para la climatización, es el encargado de controlar la temperatura dentro de un ambiente de la Vivienda, es decir éste dispositivo capta los valores extremos de temperatura, a fin de enviar una señal y con ello regular el Sistema de climatización, que pueden ser el aire acondicionado, la calefacción, así como la regulación del cierre y apertura de las persianas de las ventanas. (Pentadom, 2022).

El sensor que detecta la presencia de humo, es de suma importancia en términos de seguridad, éste es capaz de identificar la acumulación atípica de humo alrededor del ambiente, emitiendo una señal eléctrica, tanto para las alarmas, como para el Sistema de rociadores de agua.

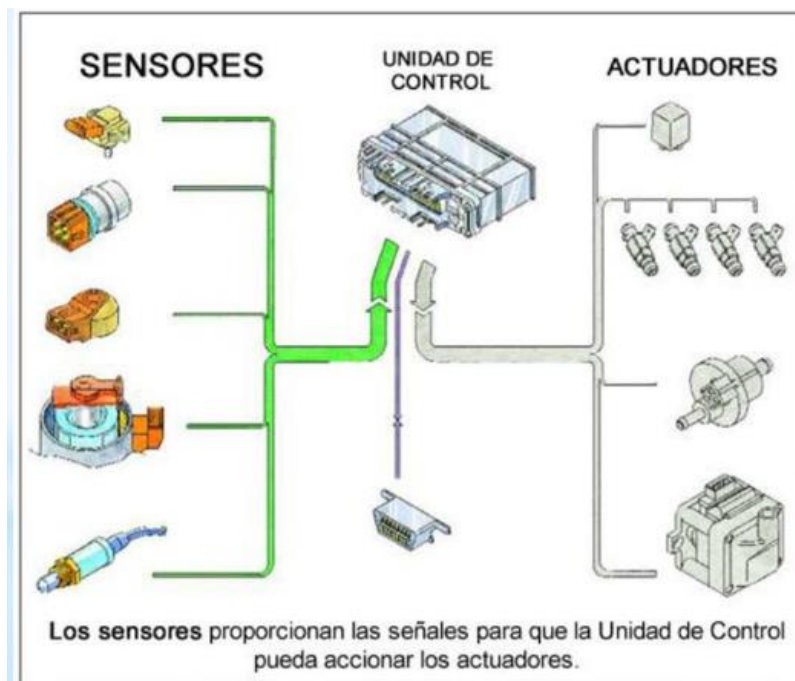


Figura 1. Arquitectura de la Domótica

Fuente: Electrónica Automotriz, 2021.



Uno de las mejores tecnologías de la domótica, en los últimos años, es el desarrollo de un sistema inteligente de seguridad en el interior y exterior de las viviendas. Este tipo de sensores emiten alguna señal eléctrica, debido a que captan la presencia de personas, y con ello se activa una serie de dispositivos, incluyendo cámaras de seguridad que permiten incrementar la seguridad en los edificios. (Valverde, 2022).

Existen los sensores que detectan la presencia de gas, emitiendo una señal eléctrica, a un sistema denominado sistema de alarma inteligente, con lo cual las posibles fugas de gas que se usa para cocción de alimentos o de terma, sean detectadas, el fenómeno que hace posible ello es el sensor con dispositivos iónicos y ópticos. En algunos casos, también detecta la presencia de monóxido de carbono y de anhídrido carbónico. (Saguma, 2018)

La potencia eléctrica instalada en una vivienda, es la suma de las potencias eléctricas de cada carga, y su valor está en función a parámetros como son la diferencia de potencia y de la intensidad de corriente eléctrica, y se expresa:

$$P = V.I.\cos\theta$$

Dónde:

P: Potencia eléctrica activa, en Watt

V: Diferencia de potencial, en Voltios.

I: Intensidad de Corriente eléctrica, en Amperios.

$\cos\theta$ : Factor de potencia.

El factor de potencia, en el interior de una Vivienda tendrá un valor igual a 1, si todas las cargas eléctricas son resistivas, sin embargo en una Vivienda también se tiene cargas inductivas, como es el caso de los motores eléctricos de la bomba de agua, compresor del refrigerador, entre otros.

La energía eléctrica, es el resultado del consumo de la potencia eléctrica dentro de un periodo de tiempo, y éste se calcula a partir del diagrama de carga eléctrico, la cual tiene horas punta y horas fuera de punta, y su valor

característico para las instalaciones eléctricas residenciales es entre 0.3 y 0.4.

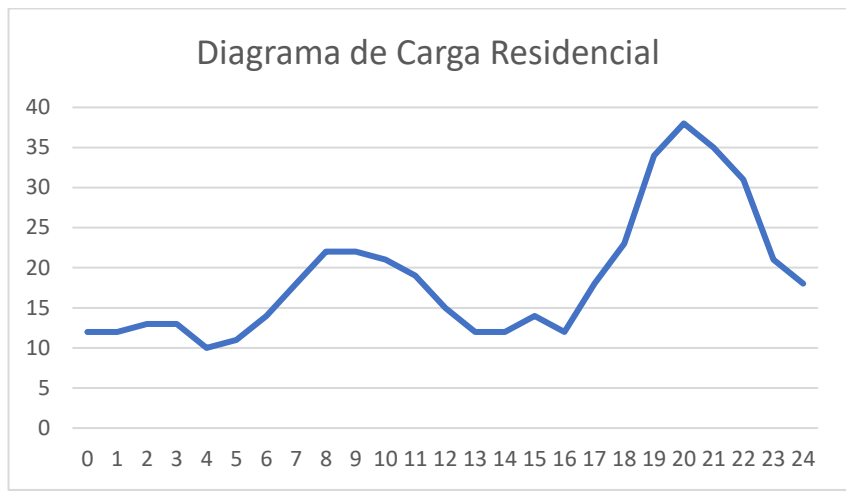


Figura 2. Diagrama de carga eléctrico residencial

Fuente: ENSA, 2021

La domótica hace que los tiempos de uso de los electrodomésticos dentro de una Vivienda sean los óptimos, con ello se reduce el consumo de energía eléctrica, y de acuerdo la figura 2, es el área bajo la curva de consumo de potencia en las 24 horas del día.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación: Aplicada

3.1.2. Diseño de investigación: Diseño no experimental Longitudinal.

#### 3.2. Variables y operacionalización.

**Variable Independiente:** Diseño De Un Sistema Domótico

**Variable Dependiente:** Disminución del consumo de energía eléctrica en edificio multifamiliar

#### 3.3. Población, Muestra y muestreo.

**Población:** Edificios Multifamiliares de 7 Niveles en el centro histórico de la ciudad de Chiclayo en el año 2023; según INEI son 42.

**Muestra:** La determinación del tamaño de la muestra se hizo con la expression.

$$n = \frac{Z^2(N)(p)(q)}{Z^2(p)(q) + e^2(N - 1)}$$

N = Población (42)

p = Proporción máxima a favor de la muestra 90% (0.9)

q = Proporción máxima que afecta a la muestra 10% (0.1)

Z = Nivel de confianza de estudio 94% (1.88)

e = Margen de error de muestra (0.10)

Remplazando en la fórmula para hallar el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{1.88^2(42)(0.9)(0.1)}{1.88^2(0.9)(0.1) + (0.10)^2(42 - 1)}$$

$$n = 3.02$$

La muestra será de 3 edificios de 7 niveles ubicados en el centro histórico.

**El muestreo:** Probabilístico aleatorio simple.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas de Recolección de datos**

**Observación.** Usando la observación se determinaron los consumidores de energía eléctrica en el interior de un edificio multifamiliar, a los cuales se aplicó el Sistema domótico.

**Revisión Documentaria.** Esta técnica permitió establecer los parámetros que se utilizaron para el diseño de los circuitos eléctricos que controlan el funcionamiento los consumidores eléctricos mediante el Sistema domótico

#### **Instrumentos de Recolección de Datos**

##### **Ficha de registro de parámetros de operación**

Mediante esta ficha se registró la información de los consumos de energía eléctrica de los consumidores a los cuales se aplicó el Sistema domótico.

##### **Ficha de evaluación de diseño**

Esta ficha sirvió para determinar las medidas de la cantidad de energía eléctrica que se ahorra al utilizar el Sistema domótico dentro del edificio multifamiliar.

##### **Ficha de Revisión Documentaria**

Mediante este instrumento se rescató de los documentos como sistemas domóticos aplicados al sector residencial.

##### **Validez.**

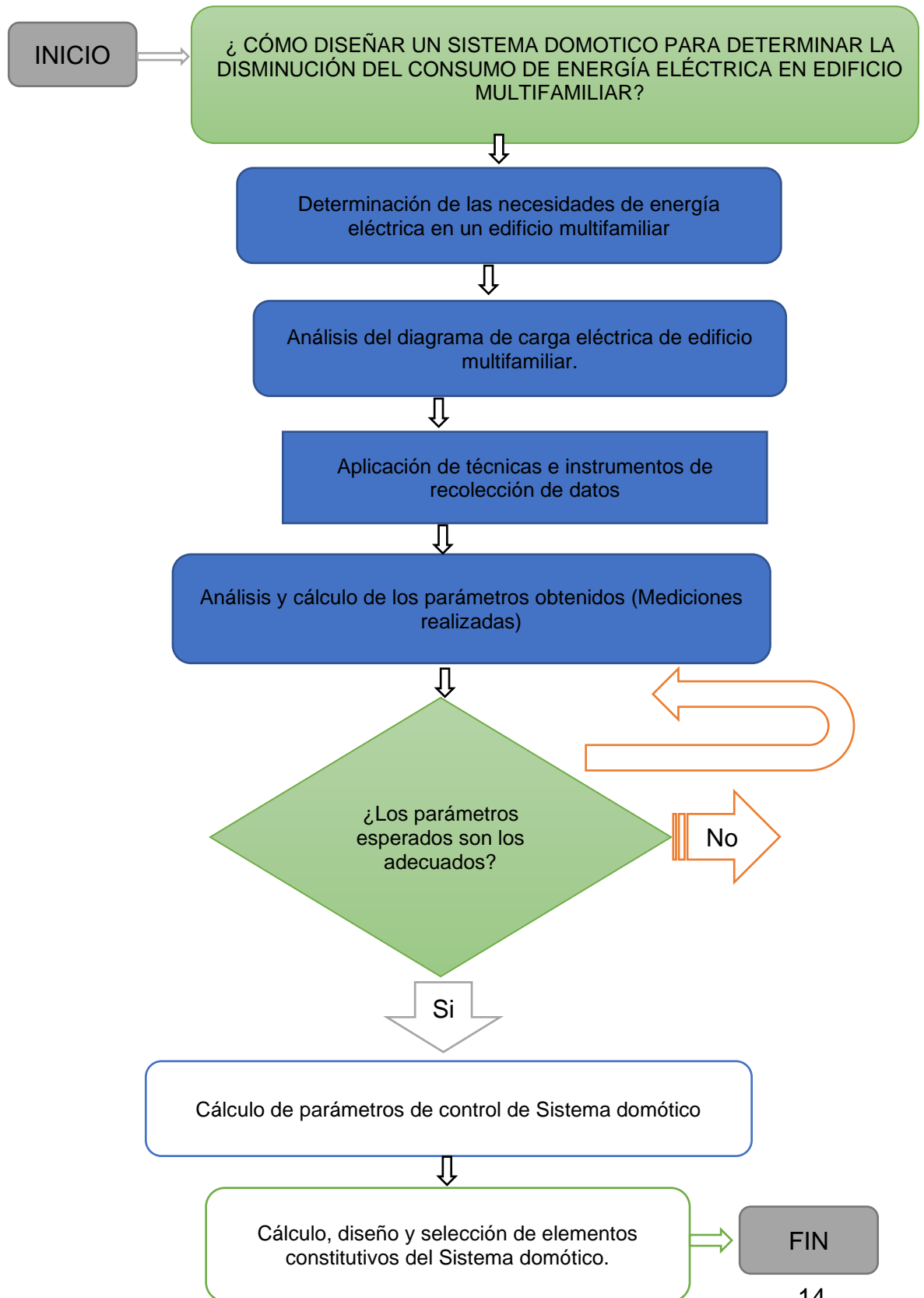
La presente investigación será validada por profesionales especialistas y por un responsable designado por la empresa donde se realizó la investigación, se validaron los instrumentos de

recolección de datos como el aspecto metodológico de la presente investigación para determinar los parámetros del diseño de los circuitos eléctricos que controlan el funcionamiento de las cargas a las cuales se aplicó el Sistema domótico.

### **Confiabilidad**

La confiabilidad, fue dada por los profesionales que brindaron los instrumentos adecuados y si se requiere la modificación de acuerdo a sus requerimientos se da prioridad a sus opiniones. Esta investigación tiene la firmeza y seguridad de la veracidad de los resultados obtenidos.

### 3.5. Procedimientos:



### **3.6. Método de análisis de datos:**

Empleando un software de diseño eléctrico, realizando diagramas y circuitos eléctricos del Sistema domótico, asimismo se empleará el programa Microsoft Excel, a fin de realizar el análisis estadístico.

### **3.7. Aspectos éticos:**

Con relación a los autores mencionados, se respetará su autoría, citándolos en cada uno de los mismos, sin incidir en plagio, de igual forma fue sometido al software de antiplagio.

La recolección de los datos se desarrolló cumpliendo los principios éticos de los autores, lo cual se vio reflejado la realidad únicamente observada, sin alterar donde garantice que el trabajo realizado es original y sea de gran utilidad como una nueva beneficiosa fuente de información.

#### IV. RESULTADOS.

##### 4.1. Realizar una evaluación del consumo actual de energía eléctrica en el edificio multifamiliar.

###### 4.1.1. Distribución de Edificio Multifamiliar.

El edificio Multifamiliar, es de 7 niveles, construido en una área 550 m<sup>2</sup>, teniendo la siguiente distribución, tal como se muestra en la table 1.

Tabla 1. Distribución en Niveles de edificio multifamiliar

Nivel	Distribución
Primer Nivel	Estacionamiento para 15 vehículos.
Segundo Nivel	5 Departamentos 105 m <sup>2</sup>
Tercer Nivel	5 Departamentos 105 m <sup>2</sup>
Cuarto Nivel	5 Departamentos 105 m <sup>2</sup>
Quinto Nivel	5 Departamentos 105 m <sup>2</sup>
Sexto Nivel	5 Departamentos 105 m <sup>2</sup>
Setimo Nivel	1 Departamento 130 m <sup>2</sup>

Fuente: Administración de edificio, 2023

Los departamentos típicos de 105 m<sup>2</sup> ubicados en cada nivel, tiene un sala comedor, tres dormitorios, una cocina, tres baños y 1 balcón mirador, de construcción convencional; las instalaciones eléctricas son empotradas, teniendo cada departamento un tablero de distribución, en el cual tienen 4 circuitos: 1 para iluminación, 1 para tomacorrientes, 1 para la terma y 1 para el Sistema de aire acondicionado. Para los circuitos de iluminación, cuentan con conductors eléctricos THW de calibre 14 AWG, para el circuito de tomacorrientes, cuentan con conductores THW de calibre 12 AWG; para el circuito de aire acondicionado cuentan con conductores THW de calibre 12 AWG; para la Terma el conductor eléctrico es THW de calibre 10 AWG; el conductor alimentador que proviene del tablero general del edificio, es de THW de calibre 8 AWG. En la figura 1, se muestra la distribución típica del departamento.



Las áreas comunes del edificio, está constituido por los 15 estacionamientos ubicados en el primer nivel, las escaleras de acceso, pasadizos, ascensor, ductos de luz, servicio higiénico, y almacén; existe un tablero de distribución eléctrica para las áreas comunes. Así mismo, en el setimo piso se ubica una piscina de 8m x 18m (144m<sup>2</sup>).



Figura 1. Arquitectura de cada departamento de 105 m<sup>2</sup>.

Fuente: Administración de edificio, 2023

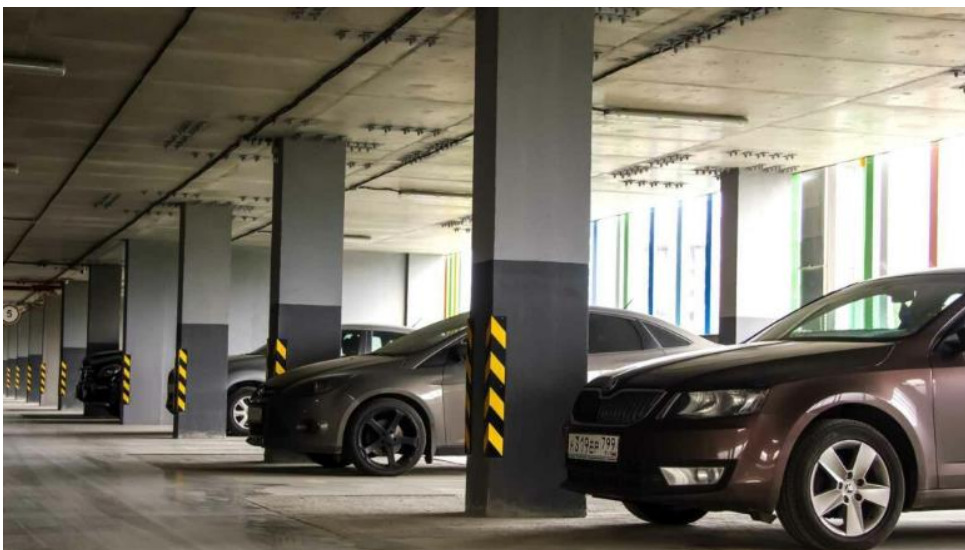


Figura 2. Estacionamientos en Primer Nivel

Fuente: Administración de edificio, 2023.

#### **4.1.2. Registro de máxima demanda y consumo de energía eléctrica.**

Para el análisis de la máxima demanda y consumo de energía eléctrica, se tuvo los registros de los 12 meses del año 2022, en el cual se pudo evidenciar la variabilidad de éstos valores; en la tabla 2 se muestra la máxima demanda eléctrica de cada mes, la cual ocurre entre el periodo de las 18.00 y 21.00 horas, así como en la table 3, el consumo mensual de energía eléctrica.

Tabla 2. Registro de Máxima Demanda, en kW, Año 2022

Nivel	Dpto	Registro de Máxima Demanda (KW)											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Primer Piso y Areas comunes	101	3.11	2.47	3.41	3.14	2.41	1.87	2.88	2.47	1.47	3.54	3.17	3.21
Segundo Piso	201	1.54	1.45	1.45	1.54	1.65	1.45	1.87	1.21	1.54	1.41	1.32	1.24
	202	1.21	1.29	1.35	1.54	1.45	1.21	1.32	1.54	1.21	1.23	1.3	1.11
	203	1.87	1.98	1.47	1.56	1.87	1.54	1.14	1.12	1.87	1.56	1.48	1.21
	204	1.12	0.87	0.54	1.87	1.54	0.91	1.24	1.14	1.58	1.14	1.54	1.56
Tercer Nivel	301	1.88	2.18	1.54	1.89	1.58	1.78	1.69	1.48	1.58	1.12	1.11	1.78
	302	1.88	1.87	1.19	1.68	1.11	1.67	1.48	1.68	1.45	1.41	1.2	1.54
	303	1.45	1.15	1.23	1.14	1.22	1.65	1.21	1.84	1.23	1.38	1.47	1.68
	304	1.74	1.41	2.11	1.88	1.44	1.65	1.87	1.99	1.54	1.32	1.14	1.87
Cuarto Nivel	401	1.87	1.56	1.58	1.87	1.8	1.98	1.47	2.15	1.22	2.08	1.22	1.88
	402	1.54	1.25	1.29	1.11	0.98	0.87	1.89	1.21	1.64	1.78	1.45	1.32
	403	1.68	1.45	1.24	1.54	1.41	1.35	1.11	1.87	1.45	1.54	1.33	1.36
	404	1.44	1.54	1.58	1.54	1.54	1.54	1.25	1.21	1.21	1.11	1.45	1.22
Quinto Nivel	501	1.87	1.87	1.89	1.35	1.78	1.48	1.54	1.35	1.32	1.25	1.19	1.87
	502	2.08	1.89	1.254	1.41	1.24	1.91	1.51	1.38	1.56	1.33	1.54	1.47
	503	2.11	2.14	1.55	1.65	1.58	1.47	1.12	1.47	1.89	1.99	1.32	1.89
	504	2.11	1.54	1.89	1.89	1.22	1.21	1.28	1.98	1.45	2.11	1.39	1.47
Sexto Nivel	601	1.17	1.88	2.11	1.21	1.71	1.33	0.98	1.54	1.11	1.71	1.88	1.98
	602	2.11	1.24	1.51	1.54	1.21	1.25	1.24	1.23	1.33	1.98	1.02	1.77
	603	1.54	1.54	1.17	1.87	1.47	1.54	1.98	1.14	1.88	1.21	1.55	1.67
	604	1.68	1.38	2.07	1.69	1.21	1.66	2.11	1.32	1.27	1.33	1.44	1.25
Setimo Nivel	701	1.21	1.68	1.84	1.12	0.98	1.11	1.54	1.87	1.78	1.54	1.24	1.69
	702	1.54	1.21	1.47	1.47	1.2	1.47	1.87	1.47	1.21	1.47	1.45	1.11

Fuente: Empresa Consecionaria, 2022

Tabla 3. Registro de Consumo de energía eléctrica, en kW-h, Año 2022

Nivel	Dpto	Registro de Consumo de energía mensual (KW-H)											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Primer Piso y Areas comunes	101	354.5	412.2	412.9	358.2	495.7	356.9	325.1	321.4	254.0	415.2	354.2	451.2
Segundo Piso	201	74.2	88.5	111.9	87.2	259.2	212.8	123.3	157.0	97.5	203.5	182.6	164.0
	202	88.5	102.5	113.1	146.4	130.6	88.5	107.8	146.4	88.5	92.0	104.3	70.9
	203	150.8	166.9	92.0	105.2	150.8	102.3	43.5	40.6	150.8	105.2	93.5	53.8
	204	72.7	28.8	141.2	204.4	146.4	98.5	93.8	76.2	153.5	76.2	146.4	150.0
Tercer Nivel	301	126.7	166.7	81.3	128.0	86.7	113.3	101.3	73.3	86.7	98.5	98.6	113.3
	302	108.1	356.9	34.7	100.0	24.0	98.7	73.3	100.0	69.3	64.0	36.0	81.3
	303	248.9	171.7	40.0	169.1	189.7	300.3	187.1	349.1	192.3	230.9	254.0	308.0
	304	163.3	125.2	157.3	359.4	246.3	300.3	356.9	387.7	272.0	215.4	169.1	356.9
Cuarto Nivel	401	356.9	87.8	86.7	356.9	338.9	385.1	254.0	428.9	189.7	410.9	189.7	359.4
	402	272.0	197.4	98.1	161.4	91.2	88.9	224.9	98.3	178.8	204.6	143.7	119.7
	403	211.2	248.9	65.2	128.2	238.6	223.1	161.4	140.0	248.9	272.0	218.0	225.7
	404	246.3	272.0	86.7	128.0	272.0	272.0	197.4	46.8	187.1	161.4	177.2	189.7
Quinto Nivel	501	356.9	90.0	128.0	223.1	333.7	256.6	272.0	66.6	215.4	197.4	182.0	187.0
	502	197.2	187.0	43.2	238.6	194.9	197.2	264.3	70.8	277.1	218.0	201.2	254.0
	503	187.2	130.2	82.7	130.2	220.7	254.0	88.9	83.5	362.0	387.7	215.4	362.0
	504	97.3	272.0	128.0	86.9	142.2	187.1	205.1	155.5	248.9	418.6	233.4	254.0
Sexto Nivel	601	176.9	63.2	157.3	187.1	249.1	218.0	128.0	93.4	161.4	121.5	359.4	130.3
	602	87.2	194.9	77.3	272.0	140.0	197.4	194.9	141.2	218.0	385.1	138.3	197.2
	603	272.0	272.0	87.3	111.2	196.7	272.0	93.6	59.6	359.4	187.1	274.6	90.2
	604	308.0	230.9	152.0	310.6	140.0	302.9	174.3	62.4	202.6	218.0	246.3	197.4
Setimo Nivel	701	187.1	308.0	121.3	164.0	89.8	161.4	272.0	140.0	333.7	272.0	194.9	87.9
	702	98.5	187.1	72.0	254.0	137.8	254.0	93.5	83.5	187.1	254.0	248.9	161.4

Fuente: Empresa Consecionaria, 2022

De la tabla 2 y 3, se evidenció que existe variabilidad en el valor de la máxima demanda y consumo de energía eléctrica entre los 22 departamentos, debido a que cada familia tiene un ritmo diferente del uso de la energía eléctrica; en la table 4 se muestra los indicadores estadísticos de dichos consumos de los 22 usuarios.

Tabla 4. Indicadores Estadísticos de consumo eléctrico, 2022

Item	Indicador Estadístico	Valor
Máxima Demanda (KW)	Valor Máximo	2.18
	Valor Mínimo	0.54
	Promedio	1.5
	Desviación estándar	0.298
	Varianza	0.089
Consumo de energía (KW-H)	Valor Máximo	428.9
	Valor Mínimo	24
	Promedio	178.3
	Desviación estándar	89.51
	Varianza	8013

Fuente: Autoría Propia.

El mayor consumidor de energía de los 22 departamentos fue de 428.9 kW en un mes, es decir, si se analiza por consume diario, en éste departamento el consume diario fue en promedio de 14.29 KW-h, lo cual representa un alto consume de energía eléctrica, teniendo en cuenta que en promedio el número de personas que habitan los departamentos es de 5; éste valor alto, es un indicador que en dicho departamento, existe un consume excesivo de energía eléctrica. Las razones de ello, son básicamente por el uso inadecuado de la energía.

En el análisis del valor de la máxima demanda, el valor mayor es de 2.18 KW, es decir que a una hora determinada (dentro de la hora punta), la suma de la potencia activa que consumen dichos consumidores eléctricos; éste valor se da debido a que no existe una eficiencia en el uso de la energía eléctrica, ello ocurre por el estilo y cultura de los habitantes de dicho departamento.

Sin embargo, se pudo evidenciar los valores de dispersion de la máxima demanda y consumo eléctrico. El valor de desviación estándar de 0.298 KW, indica que si existe notoria diferencia entre la cantidad de equipos conectados

dentro de la hora punta; de igual forma sucede con los consumos de energía eléctrica, con un valor de desviación estándar de 89.51 Kw-H. Todo ello, concluye a que los diferentes consumidores eléctricos en el interior de los departamentos del edificio, no se utiliza de forma adecuada la energía eléctrica, por lo cual requiere del uso de la tecnología que automatice el suministro de energía eléctrica, así como también el incremento del nivel de concientización de la población para el ahorro de la energía eléctrica.

En las figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 se muestran las tendencias de los valores de la máxima demanda en cada uno de los departamentos entre los meses de Enero y Diciembre del año 2022, existiendo ligeramente un mayor valor entre los meses de Enero y Marzo, debido a la estación de Verano; el incremento de la temperatura ambiente, tiene su influencia en el mayor uso de dispositivos eléctricos en el interior de los departamentos, además de que es en el cual los habitantes de los departamentos están mayor tiempo (vacaciones del año).

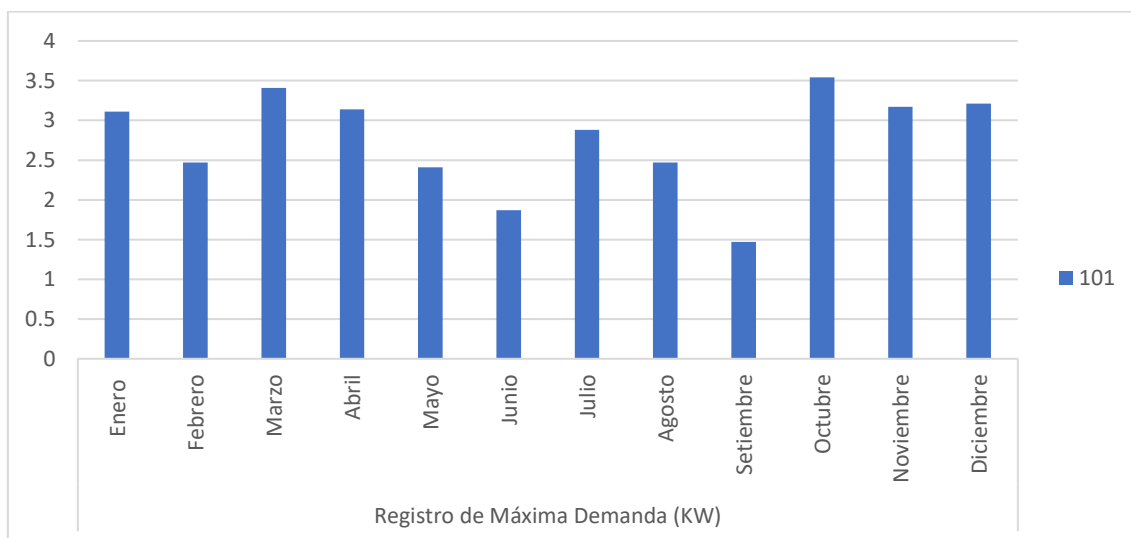


Figura 3. Registro de Máx Demanda. Primer Nivel, 2022.

Fuente: Autoría Propia

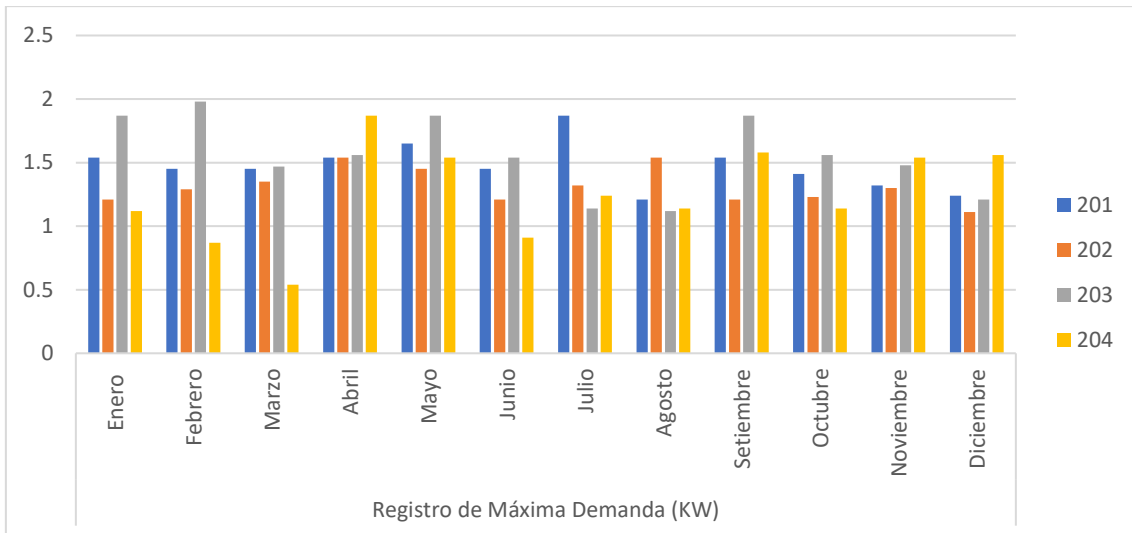


Figura 4. Registro de Máx Demanda. Dptos Segundo Nivel, 2022.

Fuente: Autoría Propia

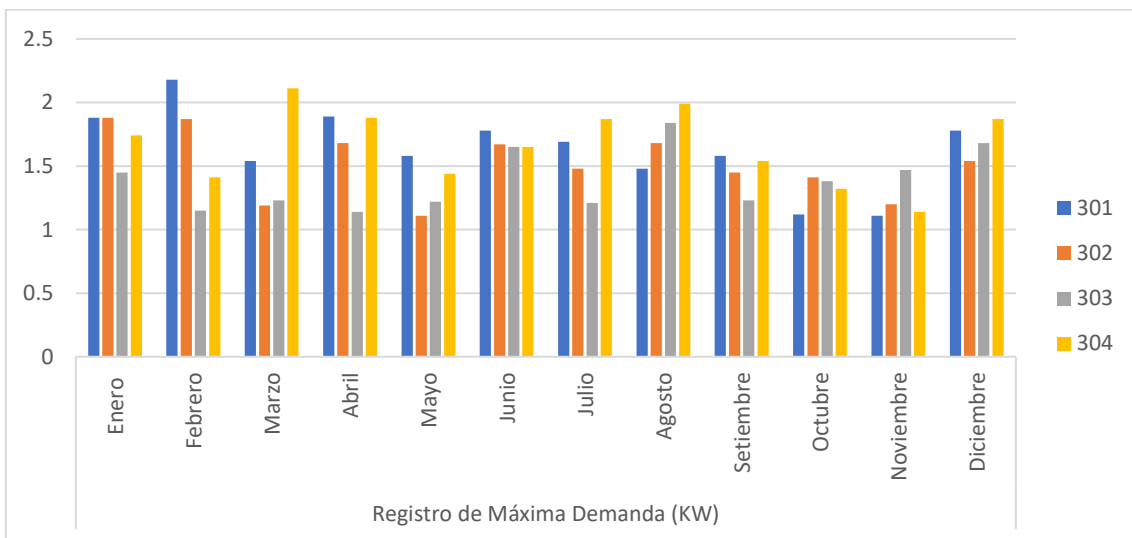


Figura 5. Registro de Máx Demanda. Dptos Tercer Nivel, 2022.

Fuente: Autoría Propia

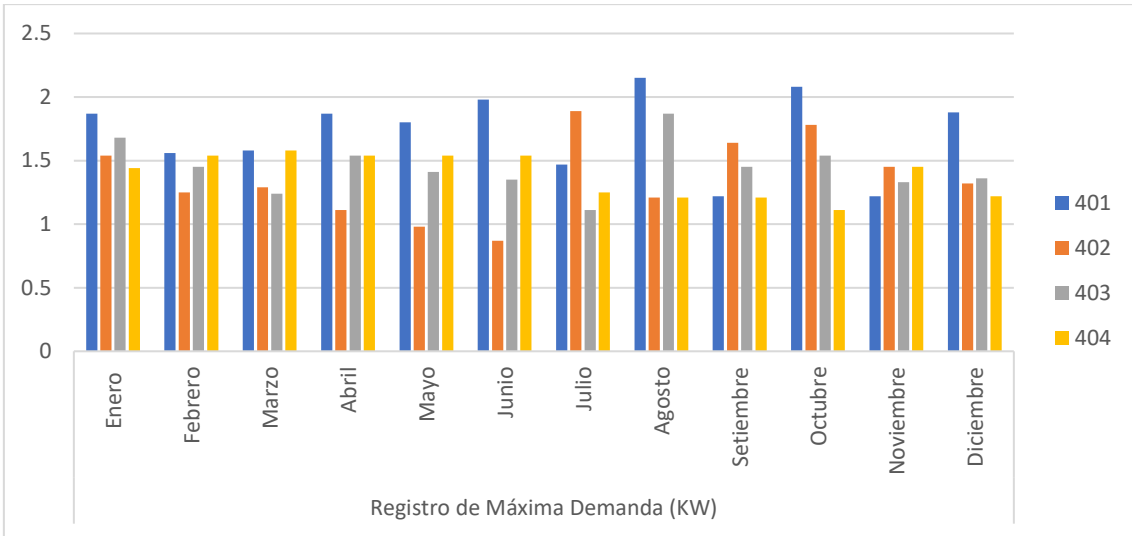


Figura 6. Registro de Máx Demanda. Dptos Cuarto Nivel, 2022.

Fuente: Autoría Propia

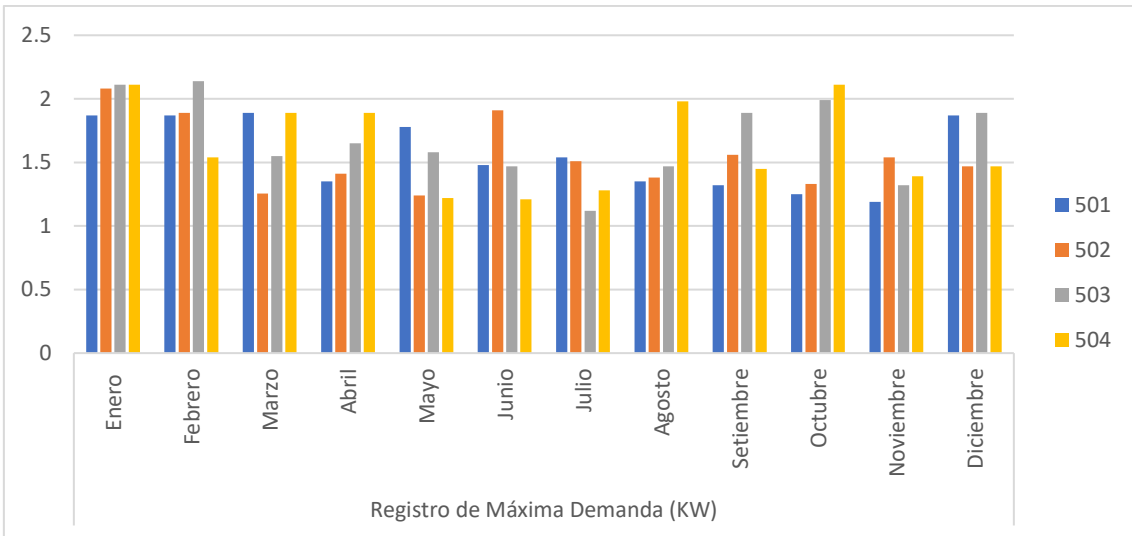


Figura 7. Registro de Máx Demanda. Dptos Quinto Nivel, 2022

Fuente: Autoría Propia



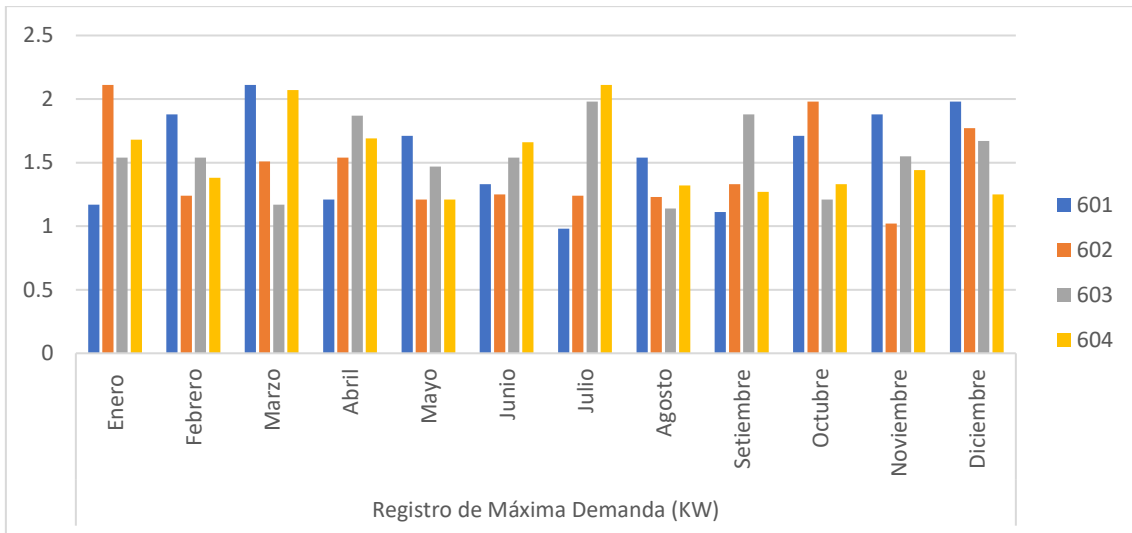


Figura 8. Registro de Máx Demanda. Dptos Sexto Nivel, 2022.

Fuente: Autoría Propia

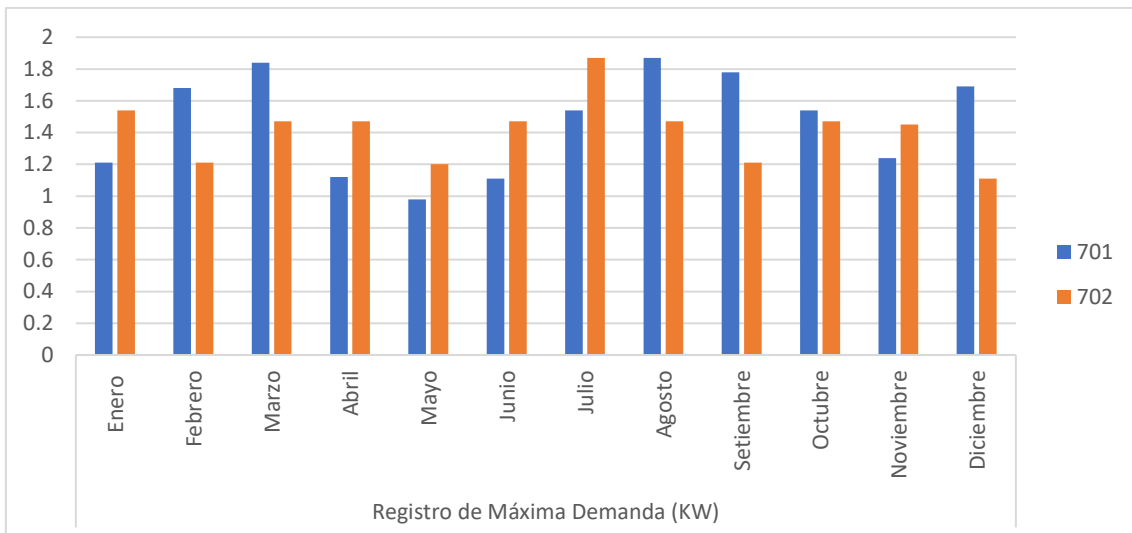


Figura 9. Registro de Máx Demanda. Dptos Setimo Nivel, 2022.

Fuente: Autoría Propia

En las figuras 10,11,12,13,14,15,y 16 se muestran las tendencias de los valores del consumo de energía eléctrica en cada uno de los departamentos entre los meses de Enero y Diciembre del año 2022, existiendo ligeramente un mayor valor entre los meses de Enero y Marzo, debido a la estación de Verano; el incremento de la temperatura ambiente, tiene su influencia en el mayor tiempo del uso de dispositivos eléctricos en el interior de los departamentos. El mayor tiempo del uso de los consumidores eléctricos, no necesariamente es por la

funcionalidad del equipo, sino por el uso inadecuado, es decir no se tiene un tiempo óptimo de uso, muchas veces el consumidor eléctrico está encendido, sin utilizarlo.

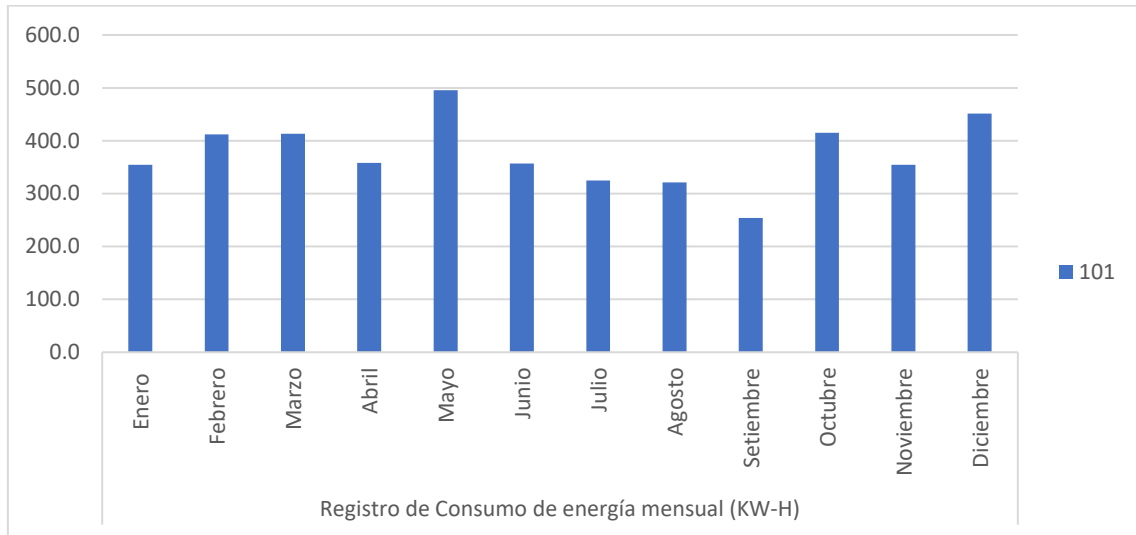


Figura 10. Registro de Consumo de Energía Eléctrica. Primer Nivel, 2022

Fuente: Autoría Propia.

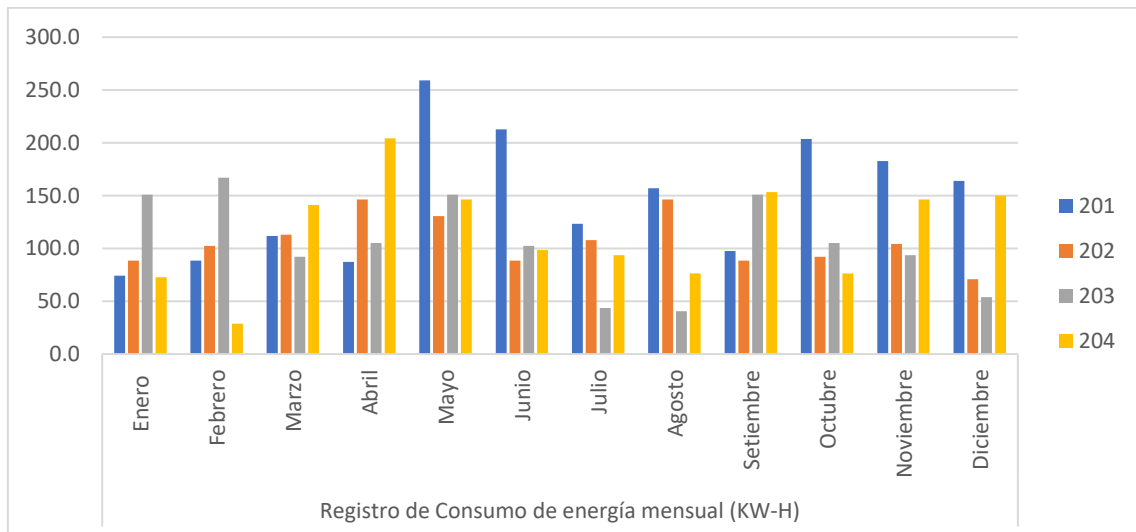


Figura 11. Registro de Consumo de Energía Eléctrica. Dptos Segundo Nivel, 2022

Fuente: Autoría Propia.

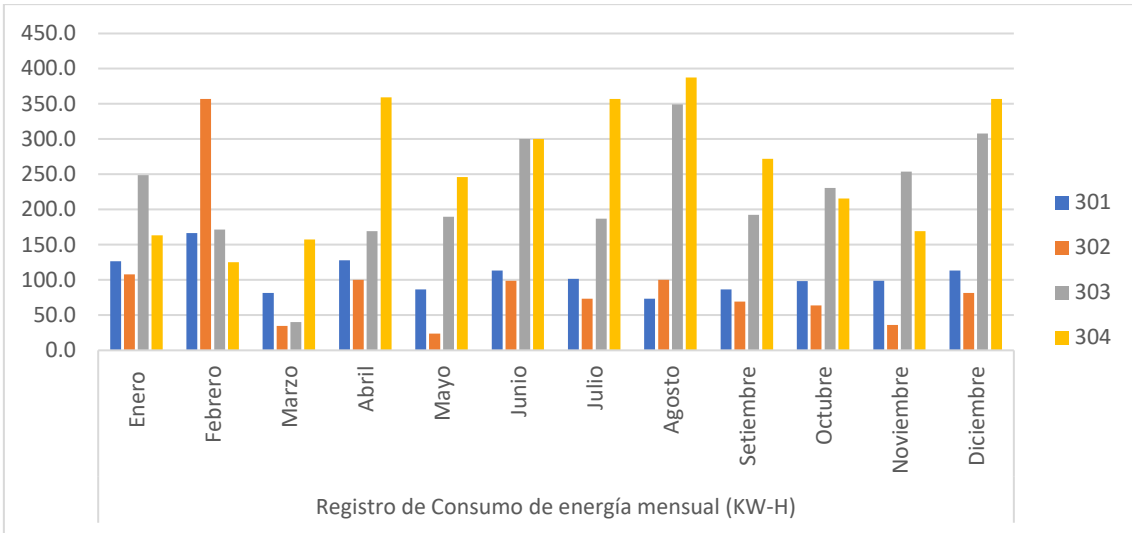


Figura 12. Registro de Consumo de Energía Eléctrica. Dptos Tercer Nivel, 2022

Fuente: Autoría Propia.

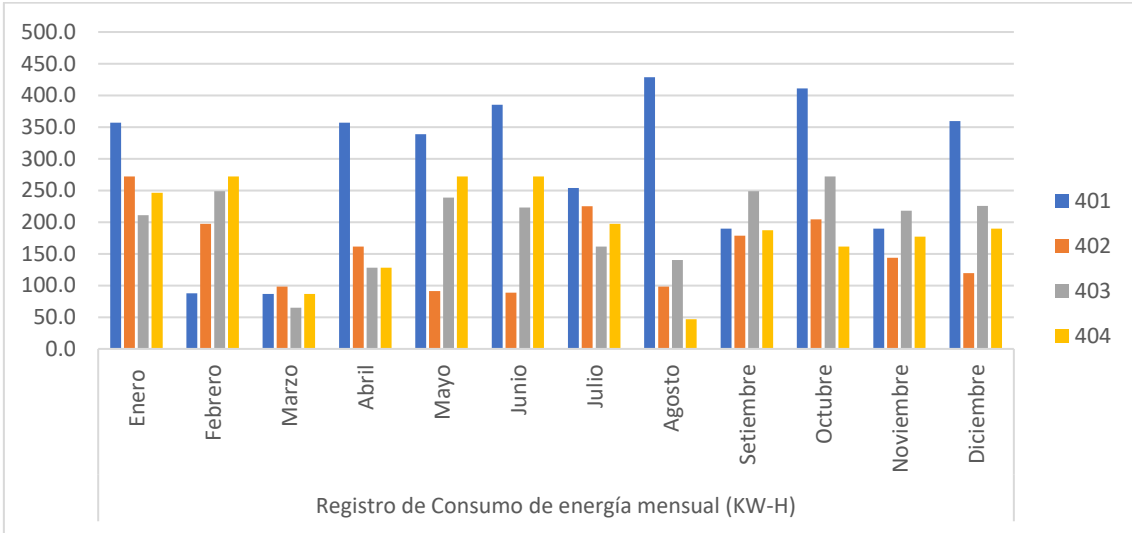


Figura 13. Registro de Consumo de Energía Eléctrica. Dptos Cuarto Nivel, 2022

Fuente: Autoría Propia.

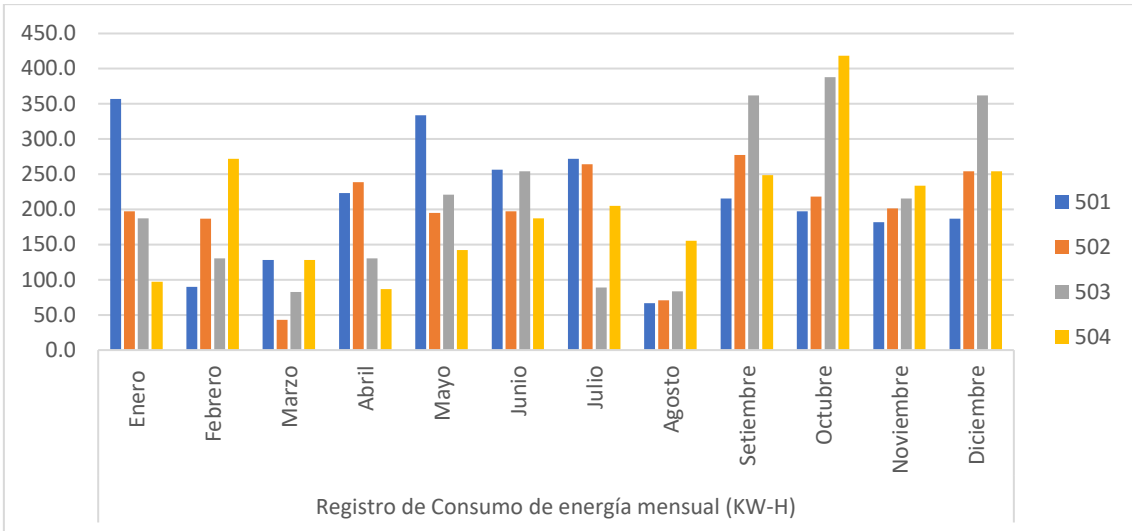


Figura 14. Registro de Consumo de Energía Eléctrica. Dptos Quinto Nivel,2022.

Fuente: Autoría Propia.

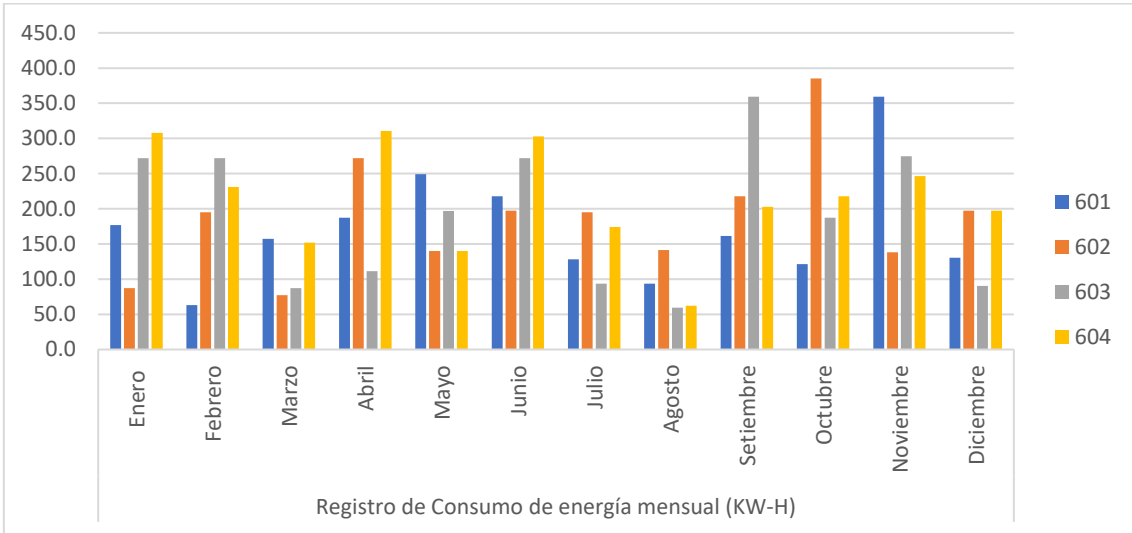


Figura 15. Registro de Consumo de Energía Eléctrica. Dptos Sexto Nivel,2022

Fuente: Autoría Propia.

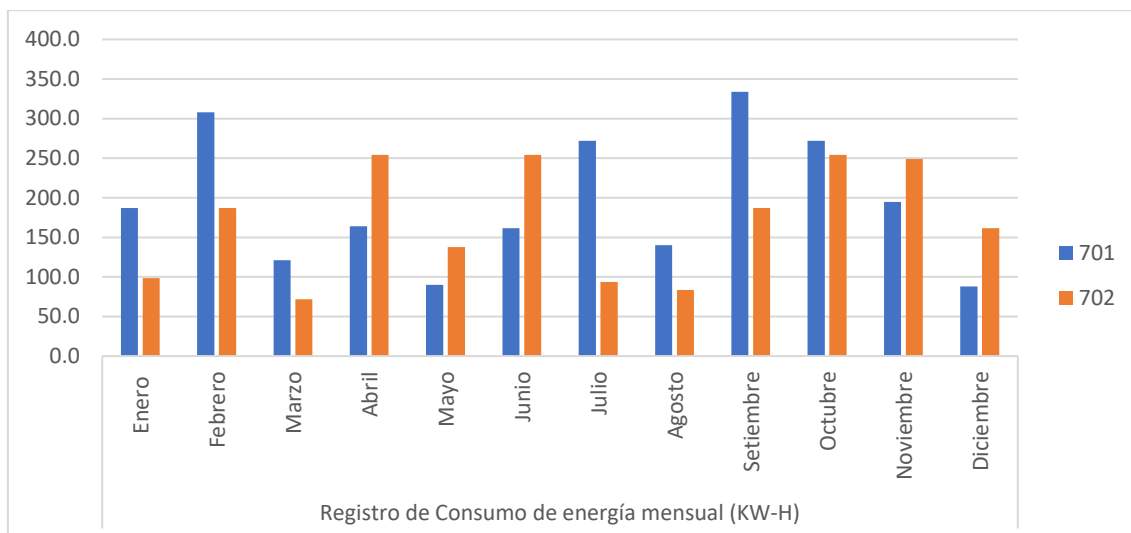


Figura 16. Registro de Consumo de Energía Eléctrica. Dptos Setimo Nivel,2022

Fuente: Autoría Propia.

#### 4.1.3. Registro de 1 día de consumo de energía eléctrica, en cada Departamento.

Para la presente investigación, se hizo un análisis del consumo de energía eléctrica, tomando como referencia a 1 departamento de cada piso, es decir se instaló un medidor de energía eléctrica en el tablero de distribución y de manera aleatoria en 1 día de la semana, se hizo la medición horaria del consumo de energía eléctrica, durante cada hora de las 24 horas del día, a fin de establecer el ritmo de consumo dentro de 1 día. En la table 5, se muestra los resultados de las mediciones realizadas.

Tabla 5. Registros de mediciones horarias de energía eléctrica kW-H

Hora	Consumo de Energía Eléctrica (KW-H), dentro del periodo de 1 día						
	101	203	302	401	504	602	701
00.00 - 01.00	0.00	0.06	0.13	0.08	0.07	0.10	0.06
01.00 - 02.00	0.00	0.06	0.13	0.08	0.07	0.10	0.06
02.00 -03.00	0.00	0.06	0.13	0.08	0.07	0.10	0.06
03.00 - 04.00	0.00	0.06	0.13	0.08	0.07	0.10	0.06
04.00-05.00	0.15	0.06	0.13	0.07	0.08	0.12	0.06
05.00-06.00	0.23	0.15	0.13	0.27	0.15	0.17	0.06
06.00-07.00	0.32	0.23	0.13	0.56	0.20	0.30	0.41
07.00-08.00	0.34	0.30	0.53	0.38	0.27	0.28	0.28

08.00-09.00	0.40	0.32	0.49	0.18	0.25	0.29	0.13
09.00-10.00	0.36	0.35	0.30	0.20	0.23	0.18	0.14
10.00-11.00	0.29	0.27	0.30	0.32	0.22	0.18	0.23
11.00-12.00	0.34	0.23	0.44	0.22	0.22	0.28	0.16
12.00-13.00	0.44	0.35	0.49	0.75	0.25	0.29	0.54
13.00-14.00	0.57	0.32	0.56	0.56	0.27	0.33	0.41
14.00-15.00	0.36	0.23	0.58	0.38	0.22	0.35	0.28
15.00-16.00	0.36	0.56	0.26	0.32	0.25	0.15	0.23
16.00-17.00	0.40	0.68	0.44	0.32	0.20	0.26	0.23
17.00-18.00	0.57	0.85	0.81	0.71	0.20	0.48	0.51
18.00-19.00	0.69	0.88	1.04	0.85	0.32	0.62	0.61
19.00-20.00	0.88	0.56	0.26	0.36	0.32	0.15	0.26
20.00-21.00	0.78	0.25	0.26	0.22	0.25	0.15	0.16
21.00-22.00	0.69	0.23	0.21	0.18	0.23	0.12	0.13
22.00-23.00	0.48	0.13	0.26	0.25	0.30	0.15	0.18
23.00 -24.00	0.32	0.15	0.26	0.23	0.30	0.14	0.17
Total (KW-H)	8.95	7.35	8.40	7.64	4.96	5.42	5.40

Fuente: Mediciones realizadas.

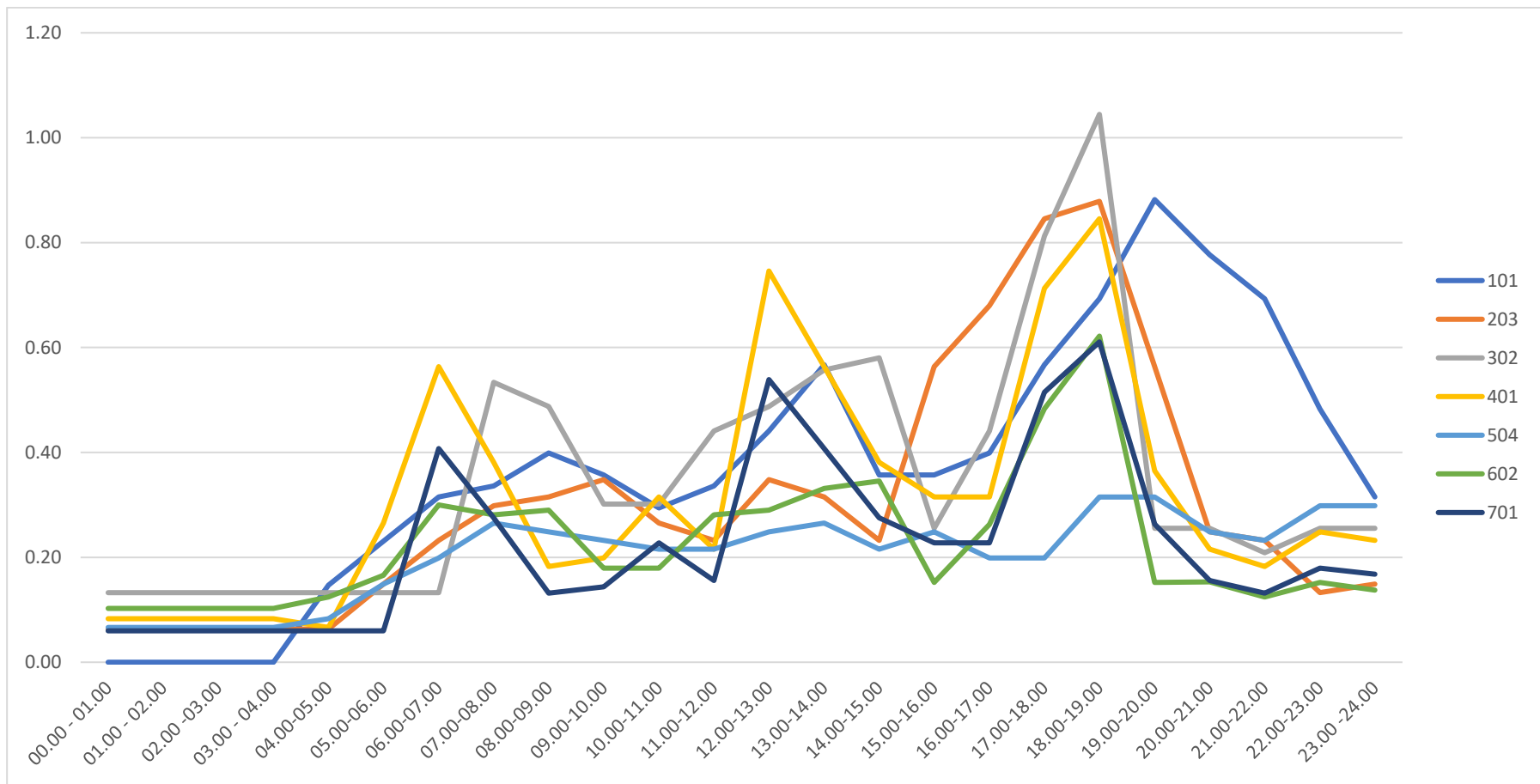


Figura 17. Registro de consumo horario de energía eléctrica KW-H em diferentes departamentos de edificio multifamiliar

Fuente: Autoría Propia.

#### 4.2. Identificar las cargas eléctricas potenciales a automatizar.

Para la realización de éste objetivo específico, se hizo en función a la potencia Instalada de cada consumidor eléctrico, así como también al tiempo de funcionamiento; es decir se estableció la funcionalidad de cada consumidor eléctrico instalado tanto en las áreas comunes como en el departamento del edificio multifamiliar.

En las áreas comunes, se hizo el registro de todas las cargas eléctricas conectadas al tablero de distribución (TD1). Este tablero tiene 5 circuitos independientes; 1 para la iluminación de escaleras y pasadizos, 1 para tomacorrientes en pasadizos, 1 para el ascensor, 1 para la activación de las electrobombas, y 1 para el accionamiento de las puertas eléctricas.

Tabla 6. Consumidores eléctricos áreas comunes

Tablero	Consumidor eléctrico	Cantidad	Potencia Instalada Unitaria (KW)	Potencia Instalada Total (KW)
TD1	Aire acondicionado (Sala Star) 10000 BTU/H	1	1.4	1.4
	Lámparas LED	20	0.05	1
	Motor eléctrico Electrobombas	2	2.2	4.4
	Motor eléctrico ascensor	1	8	8
	Motor eléctrico puerta exterior	8	0.75	6
	Total (KW)			18.8

Fuente: Administración de edificio, 2023

En la table 6, se evidenció que la mayor potencia Instalada en las cargas de las áreas comunes es en el ascensor, con un valor de 8 KW, el consumo de energía que tiene ésta carga, está en función a las veces que se activa el ascensor, es decir las veces que los usuarios del edificio utilizan el ascensor, tanto para subir y bajar entre los diferentes niveles del edificio. No tiene una configuración que limite el uso del ascensor, actualmente se utiliza de manera inadecuada, debido a que el ascensor muchas veces se utiliza para bajar solo 1 nivel dentro del



edificio.

En cuanto al consumo de energía eléctrica del aire acondicionado, está en relación a factores como la temperatura del ambiente, al número de usuarios en la sala de estar, además del tiempo de activación; actualmente ésta carga no tiene ningún mecanismo que automatice su uso.

El Sistema de iluminación de las áreas comunes, actualmente es el que tiene un uso inadecuado, debido a que los usuarios encienden éstas luminarias al momento de transitar por las escaleras y pasadizos, pero no apagan al momento de retirarse; muchas veces permanecen por varias horas las luminarias encendidas; es por ello aquí se ha identificado una carga que debe optimizarse su uso, en función a la utilidad del Sistema.

Se hizo un registro del número de veces que las luminarias de las escaleras y pasadizos son utilizadas, durante un día, y el tiempo que éstas luminarias están encendidas, a fin de establecer el consumo de energía eléctrica en las áreas comunes.

Tabla 7. Registro de consumo de energía eléctrica en áreas de iluminación áreas comunes

Item	Nivel	N° Luminarias Instaladas	Potencia Luminaria (KW)	N° de veces activación	Tiempo de encendido (Horas)	Consumo de energía eléctrica (KW-H) por día
Escaleras	1er Nivel	6	0.05	32	1.8	0.54
	2do Nivel	6	0.05	26	1.8	0.54
	3er Nivel	6	0.05	24	1.5	0.45
	4to Nivel	6	0.05	24	1.5	0.45
	5to Nivel	6	0.05	19	1.2	0.36
	6to Nivel	6	0.05	16	0.6	0.18
	7mo Nivel	4	0.05	12	0.7	0.14
Pasadizos	1er Nivel	12	0.03	22	2.2	0.79
	2do Nivel	10	0.03	18	2.8	0.57
	3er Nivel	10	0.03	16	1.6	0.48
	4to Nivel	10	0.03	16	1.2	0.36
	5to Nivel	10	0.03	16	0.8	0.24
	6to Nivel	10	0.03	18	1.6	0.48
	7mo Nivel	6	0.03	21	0.5	0.09

	Total (KW-H) por día	5.672
--	----------------------	-------

Fuente: Autoría Propia.

Del análisis de la tabla 7, se puede afirmar:

- a) Las escaleras y pasadizos del edificio, son espacios comunes, en el cual el tránsito es constante, a diferentes horas del día; en horas de la noche, los usuarios al momento de transitar encienden las luminarias, sin embargo, no hacen el apagado del mismo.
- b) En el caso de las luminarias de las escaleras, las que están en el primer nivel tuvieron un tiempo de encendido de 1.8 horas en un día; es decir si se analiza que el mayor tránsito en horas de la noche (entre las 18.30 y 20.30) es 4 horas; 1.8 de 4 horas, equivale al 45% del tiempo en el cual están encendidas; ello ocurre porque no se tiene un Sistema de apagado temporizado en el sistema de iluminación.
- c) En el caso de las luminarias de los pasadizos, las que están en el Segundo nivel tuvieron un tiempo de encendido de 2.8 horas en un día; es decir si se analiza que el mayor tránsito en horas de la noche (entre las 18.30 y 20.30) es 4 horas; 2.8 de 4 horas, equivale al 70% del tiempo en el cual están encendidas; ello ocurre porque no se tiene un Sistema de apagado temporizado en el sistema de iluminación.

En el caso del funcionamiento de las 2 electrobombas de 2.2 kw que operan en paralelo; éstas impulsan el agua, desde un tanque cisterna de 12 m<sup>3</sup> ubicado en la parte inferior del edificio, hacia 1 tanque de concreto armado ubicado en la parte superior del edificio, el cual tiene una capacidad de almacenamiento de 6.5 m<sup>3</sup>.

En cada departamento, se tiene un registro de consumo de agua al mes, expresado en m<sup>3</sup>; se tuvo el registro de los consumos mensuales de agua, tal como se detalla en la tabla 8.

Tabla 7. Registro de consumo de agua por cada dpto, 2022.

Nivel	Dpto	Registro de Consumo de agua (m3 al mes)											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Primer Piso	101	6	8	7	6	5	5	6	5	9	8	6	8
Segundo Piso	201	13.3	16.7	20.0	12.2	11.1	10.0	13.3	13.3	16.7	13.3	15.6	12.1
	202	13.3	13.3	18.9	16.7	20.0	20.0	15.6	17.8	18.9	15.6	15.6	15.6
	203	13.3	15.6	15.6	17.8	15.6	13.3	11.1	11.1	13.3	18.9	15.6	10.5
	204	11.1	8.9	8.9	13.3	1.1	10.0	8.9	6.7	4.4	13.3	18.9	15.6
Tercer Nivel	301	12.1	15.2	18.2	11.1	10.1	9.1	12.1	12.1	15.2	12.1	14.1	10.6
	302	12.1	12.1	17.2	15.9	19.2	19.2	14.8	17.0	18.1	14.8	14.8	14.8
	303	12.1	14.1	14.1	16.2	14.1	12.1	10.1	10.1	12.1	17.2	14.1	9.5
	304	10.1	8.1	8.1	12.1	1.0	9.1	8.1	6.1	4.0	12.1	17.2	12.5
Cuarto Nivel	401	11.0	13.8	16.5	10.1	9.2	8.3	11.0	11.0	13.8	11.0	12.9	9.6
	402	11.0	11.0	15.6	14.4	17.5	17.5	13.4	15.4	16.4	13.4	13.4	13.4
	403	11.2	13.2	13.2	15.3	13.2	10.1	9.2	9.2	11.2	16.3	13.2	8.6
	404	9.2	7.3	7.3	11.0	0.9	7.6	7.3	5.5	3.7	11.0	15.6	11.4
Quinto Nivel	501	10.0	12.5	15.0	9.2	8.3	6.9	10.0	10.0	12.5	10.0	11.7	8.8
	502	10.0	10.0	14.2	13.1	15.9	14.5	12.2	14.0	14.9	12.2	12.2	9.5
	503	10.2	12.0	12.0	13.9	12.0	8.4	8.4	8.4	10.2	14.8	12.0	7.9
	504	8.3	6.7	6.7	10.0	0.8	6.3	6.7	5.0	3.3	10.0	14.2	10.3
Sexto Nivel	601	9.1	13.3	15.8	10.0	7.6	5.7	9.1	9.1	11.4	9.1	10.6	8.0
	602	8.9	9.1	15.0	11.9	14.4	12.1	11.1	12.8	13.6	11.1	11.1	9.8
	603	9.3	10.9	12.8	12.6	10.9	10.5	7.6	7.6	9.3	13.4	10.9	7.1
	604	7.6	6.1	7.5	9.1	8.6	5.3	6.1	4.6	10.2	14.3	11.8	10.3
Setimo Nivel	701	8.3	12.1	16.6	9.1	6.9	12.3	8.3	8.3	11.1	15.2	12.7	11.2
	702	8.1	8.3	15.8	10.8	13.1	10.1	10.1	11.6	12.0	12.1	13.6	10.5

Fuente: Recibos de EPSEL, 2022.

El volume total de agua que se requiere al mes en cada departamento se muestra en la figura 18

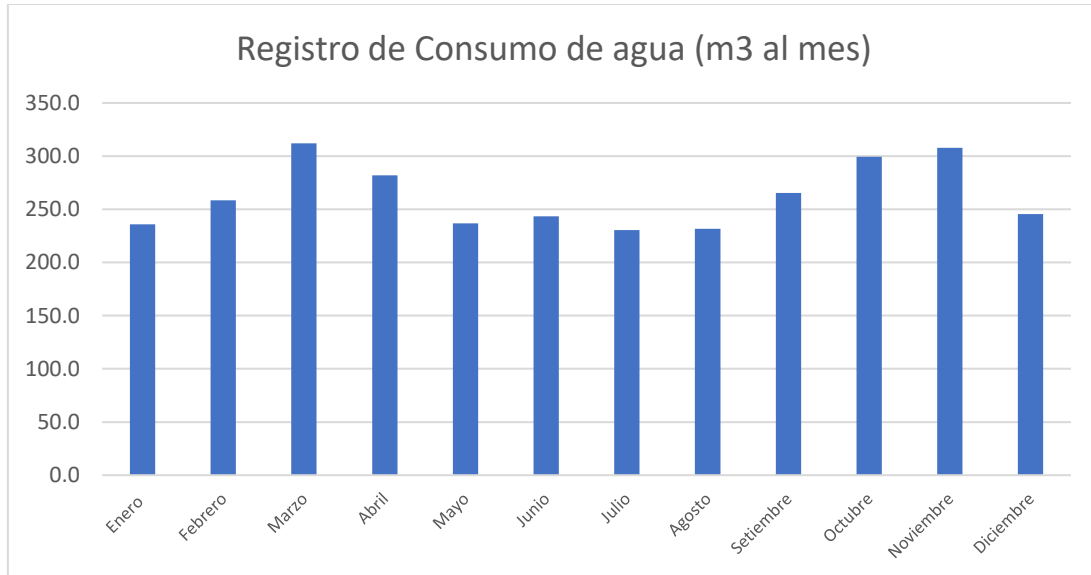


Figura 18. Registro de consume de agua mensual en edificio, 2022

Fuente: Recibos de agua potable, 2023.

El mayor consumo de agua en el año 2022, ocurrió en el mes de Marzo, con un valor de 312.5 m<sup>3</sup>, es decir, el consume promedio diario de agua fue de 10.08m<sup>3</sup> de agua. Es decir, por la capacidad del almacenamiento del tanque Elevado de 6.5m<sup>3</sup>, las electrobombas suministran agua en promedio  $10.08 / 6.5 = 1.55$  veces, es decir 2 veces al día.

La potencia instalada de las 2 electrobombas es de 2.2 KW, es decir la potencia total para el bombeo de agua es de 4.4 KW. En la tabla 9, se muestra el consumo de energía eléctrica mensual de las electrobombas.

Tabla 8. Registro promedio de Consumo de agua (m3 al día).

Item	Registro promedio de Consumo de agua (m3 al día)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Volumen de bombeo de agua diario	7.9	8.6	10.4	9.4	7.9	8.1	7.7	7.7	8.8	10.0	10.3	8.2
N° Veces de Arranque de la bomba al día	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tiempo promedio por cada vez de funcionamiento (Horas)	0.27	0.25	0.21	0.23	0.27	0.26	0.28	0.28	0.24	0.21	0.21	0.26
Energía consumida (KW-H) por día	2.40	2.19	1.81	2.01	2.39	2.33	2.46	2.44	2.13	1.89	1.84	2.31
Energía consumida (KW-H) por mes	72.03	65.74	54.43	60.29	71.78	69.79	73.73	73.34	64.03	56.75	55.18	69.19

Fuente: Autoría Propia.

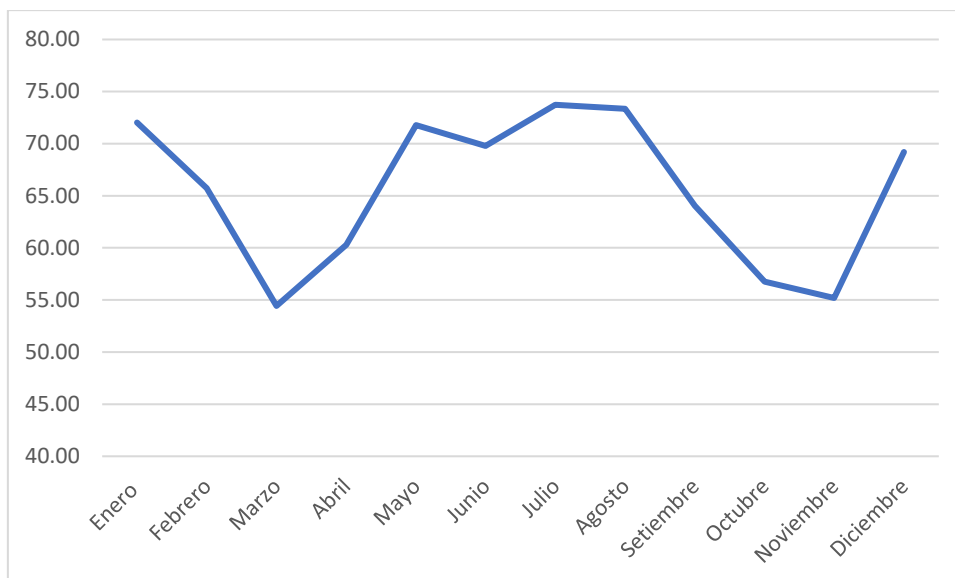


Figura 19. Consumo de energía eléctrica por electrobomba en KW-H/mes.

Fuente: Autoría Propia.

Se puede concluir, que en el caso del consumo de energía eléctrica, por el bombeo de agua, tiene un consume que es factible a disminuir, planteando el cambio del sistema convencional existente, a un sistema hidroneumático de bombeo de agua; este planteamiento, es parte de la propuesta que se hizo en la presente tesis.

Para el caso del Sistema de aire acondicionado, que está incorporado en cada departamento del edificio, de una capacidad de 10000 BTU/Hora, en una medición de los tiempos de funcionamiento, es variable dentro de los meses del año; siendo utilizados con frecuencia entre los meses de Noviembre a Abril, con muy poco frecuencia en el resto de meses del año. Y se pudo observar, el número de veces que éstos permanecen encendidos, como también el tiempo, ello se detalla en la tabla 9.

Tabla 9. Registro Promedio de tiempo de funcionamiento de aire acondicionado (horas al día).

	Dpto	Registro Promedio de Tiempo de Funcionamiento aires acondicionado (Horas al día)					
		Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Primer Piso y Areas coumnes	101	0	0	3.5	3.8	4.2	2.1

Segundo Piso	201	0	2	3.8	3.1	4.5	1.8
	202	0	3.1	4.1	5.5	3.8	1.2
	203	1	2.1	3.2	4.5	3.9	0.9
	204	1	0.5	2.8	4.9	3.1	0.8
Tercer Nivel	301	0	0	3.8	5.1	5.2	2.3
	302	0	0	3.6	2.3	3.1	1.2
	303	0	0	2.1	2.9	3.9	1.3
	304	0	0.5	1.2	5.6	4.3	0.9
Cuarto Nivel	401	0	0.5	0	1.2	0.9	1.9
	402	1	1	0	2.3	3.2	2.1
	403	1	1	0	2.1	3.1	2.3
	404	1	0.5	1.6	3.4	0.9	1.8
Quinto Nivel	501	1	0.5	1.2	2.8	2.1	1.1
	502	1	0.5	0	0	0.9	0.8
	503	0	0	0	0	1.2	0.5
	504	0	0	0	0	1	1
Sexto Nivel	601	0	0	1.5	2.6	0.9	0.8
	602	0	0	4.3	2.3	3.5	1.2
	603	0	0	3.5	1.8	3.8	2.1
	604	0	0	3.1	2.3	4.1	2.3
Setimo Nivel	701	0	0	2.8	3.1	3.2	1.8
	702	0	0	2.9	3.3	4.5	2.1

Fuente: Mediciones realizadas.

Como se evidenció en la table 9, el aire acondicionado, es usado muy frecuentemente entre los meses de Noviembre a Abril, intensificando su uso entre los meses de Enero y Marzo, y los tiempos de funcionamiento son variables, así como también el uso dentro de las horas del día; sin embargo, se pudo establecer la variabilidad del tiempo de uso, utilizando indicadores estadísticos, tal como se detalla en la table 10.

Tabla 10. Indicadores estadístico de tiempo de funcionamiento de aires acondicionados

	Indicador Estadístico	Valor
Tiempo de funcionamiento (Horas)	Valor Máximo	5.6
	Valor Mínimo	0.5
	Promedio	2.34
	Desviación estándar	1.34
	Varianza	1.81

Fuente: Autoría Propia

El mayor tiempo de funcionamiento del aire acondicionado de los 22 departamentos fue de 5.6 horas en un día y ocurrió en el mes de marzo; mientras que el menor tiempo de funcionamiento del aire acondicionado fue de 0.5 horas y ocurrió en uno de los 22 departamentos en el mes de Noviembre. Utilizar más de 5 horas el aire acondicionado, implica que no se tiene un adecuado control del uso del mismo, es decir el Sistema permanece encendido, si contar con la presencia de personas en el interior del ambiente climatizado; se concluye que la razón es que no se apaga dicho equipo, cuando ya no se utiliza. En cuanto al consumo de energía eléctrica de éstos equipos, en la table 11, se muestra el cálculo.

Tabla 11. Consumo promedio de energía eléctrica por aire acondicionado (KW-h/mes)

	Dpto	Consumo promedio de energía eléctrica por aire acondicionado (KW-h/mes)					
		Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Primer Piso y Areas comunes	101	0	0	94.5	102.6	113.4	56.7
Segundo Piso	201	0	54	102.6	83.7	121.5	48.6
	202	0	83.7	110.7	148.5	102.6	32.4
	203	27	56.7	86.4	121.5	105.3	24.3
	204	27	13.5	75.6	132.3	83.7	21.6
Tercer Nivel	301	0	0	102.6	137.7	140.4	62.1
	302	0	0	97.2	62.1	83.7	32.4
	303	0	0	56.7	78.3	105.3	35.1
	304	0	13.5	32.4	151.2	116.1	24.3
Cuarto Nivel	401	0	13.5	0	32.4	24.3	51.3
	402	27	27	0	62.1	86.4	56.7
	403	27	27	0	56.7	83.7	62.1
	404	27	13.5	43.2	91.8	24.3	48.6
Quinto Nivel	501	27	13.5	32.4	75.6	56.7	29.7
	502	27	13.5	0	0	24.3	21.6
	503	0	0	0	0	32.4	13.5
	504	0	0	0	0	27	27
Sexto Nivel	601	0	0	40.5	70.2	24.3	21.6
	602	0	0	116.1	62.1	94.5	32.4
	603	0	0	94.5	48.6	102.6	56.7
	604	0	0	83.7	62.1	110.7	62.1



Setimo	701	0	0	75.6	83.7	86.4	48.6
Nivel	702	0	0	78.3	89.1	121.5	56.7

Fuente: Autoría Propia.

De la tabla 11 se puede analizar:

- a) Existe consumos de energía eléctrica superiores a los 100 KW-h por mes, solo por el uso del aire acondicionado, ello refleja que si el consume de un departamento en promedio es de aproximadamente 200 KW-H, es un valor muy significativo éste consumo.
- b) El uso de los aires acondicionados, muchas veces ocurre en horas punta, lo que ocasiona, que se incremente el valor de la máxima demanda.

#### **4.3. Diseñar un sistema domótico que automatice el uso de las cargas eléctricas en las viviendas multifamiliares.**

##### **4.3.1. Sistema automático de uso de los aires acondicionados.**

Para la automatización del uso de los equipos de aire acondicionado, instalados en los Departamentos del edificio multifamiliar, se tuvo en cuenta aspectos como es el apagado automático ante la ausencia prolongada de personas, el apagado del sistema de aire acondicionado, ante la abertura de las puertas y las ventanas del departamento, la regulación de los parámetros de clima, como es el caso de la temperatura ambiente y humedad; la programación horaria de los sistemas de aire acondicionado, así como del control remoto.

Se planteó la instalación para el control automático del aire acondicionado, en equipo denominado Sensibo Air Q, el cual tiene incorporado un control inteligente CA, con un sensor de calidad de aire integrado, el cual está diseñado para mantener la temperatura ideal. Este sistema reemplaza las fluctuaciones calientes y frías a la vez. El sistema inteligente tiene la función de activar el sistema de aire acondicionado cuando está la presencia de personas y se desactiva cuando se alejan; sin embargo, tiene una opción que permite deshabilita esta operación.

Con el equipo que se instala en el sistema de aire acondicionado, se garantiza que el consumo se reduce y que el departamento tendrá el confort, no solamente entre los meses de enero y marzo, sino también en los demás meses del año.

La instalación de este dispositivo, garantiza el ahorro de energía eléctrica entre el 25 y 35%, y dependerá del ritmo de uso de este equipo, y la temperatura del medio.

#### **4.3.2. Sistema hidroneumático de bombeo de agua.**

Actualmente en el edificio se tiene en sistema de bombeo convencional de agua, con un tanque cisterna de 12 m<sup>3</sup> y un tanque elevado de 6.5 m<sup>3</sup>, con dos electrobombas de 2.2 KW; y en el capítulo anterior se hizo el cálculo del consumo de energía eléctrica por cada mes, en el cual el mes que alcanzó mayor consumo de energía eléctrica fue de 73.73 KW-H; es por ello que se propone la instalación de un sistema hidroneumático, que utilizará el mismo tanque cisterna de abastecimiento de agua.

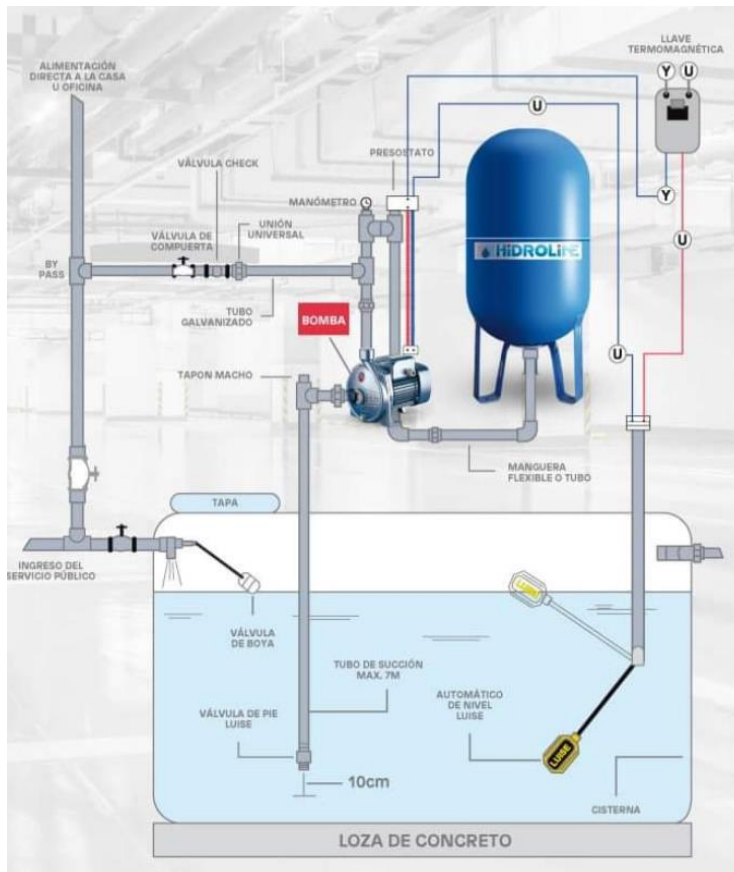


Figura 20. Sistema Hidroneumático de bombeo de agua.

Fuente: Hidrostral, 2023.

Se hizo el dimensionamiento de la bomba del sistema, para lo cual se estableció los siguientes parámetros:

- a) Altura estática, es la diferencia entre el fondo del tanque cisterna y el tanque elevado. El edificio consta de 7 pisos. La altura estática es de 25m.
- b) La tubería es de acero cédula 40.
- c) La tubería de succión tiene una longitud de 3, y un diámetro de 1.5", con codo de 90° y válvula de pie.
- d) La tubería de descarga tiene en total 60m de longitud y diámetro de 1", con 8 codos de 90° de 1" de diámetro, 6 T roscadas, 2 válvulas compuertas y 1 válvula check roscada.

Para determinar la capacidad de impulsión de la bomba, se calculó a partir de la demanda de agua, es decir con el consumo promedio diario y el máximo

probable.

El cálculo del caudal, se determinó teniendo en cuenta el número de dotaciones que requiere los departamentos del edificio; en promedio en cada departamento habitan 4 personas, y tienen 2 baños y 1 cocina; siendo un consumo típico de 100 litros por día por habitante; por lo cual para cada departamento se requieren 400 litros por día; el edificio cuenta con 22 departamentos, por lo cual el requerimiento total de agua es de 8800 litros por día (8.8 m<sup>3</sup>/día)

Para determinar el caudal de diseño Q<sub>d</sub>, se utilizó la expresión:

$$Q_d = \frac{k \cdot C}{86400}$$

Dónde:

Q<sub>d</sub>: Caudal de diseño, en l/s

K: Coeficiente de dotación, para valores mayores de 5000 l/día, k=10

C: Demanda diaria de agua, en Litros.

Reemplazando, se tuvo:

$$Q_d = \frac{10 * 8800}{86400} = 1.018 \text{ l/s}$$

Otro parámetro a determinar es la carga total de la bomba (H), es decir calcular la resistencia que ofrece la red a la circulación del fluido; se hizo el análisis de las pérdidas por fricción en la tubería, tanto en la descarga como en la succión.

La pérdida de carga en el lado de succión de la tubería (h<sub>fs</sub>), se hizo mediante la expresión de Hazzen William:

$$h_{fs} = \frac{10.643 * (Q_d)^{1.85} * L}{125^{1.85} * D^{4.87}}$$

Dónde:

h<sub>fs</sub>: Pérdida de carga en succión.

Q<sub>d</sub>: Caudal de diseño, en m<sup>3</sup>/s.

L: Longitud de tubería de succión, en m.

D: Diámetro de tubería, en m.

Reemplazando valores, se tiene:

$$h_{fs} = \frac{10.643 * (0.001018)^{1.85} * 3.00}{125^{1.85} * 0.0381^{4.87}} = 0.1008 \text{ m}$$

Ahora se procede a calcular las pérdidas por fricción en accesorios de la tubería de succión, se trata de un codo de radio largo de 1.5", con una longitud equivalente de 0.9m y una válvula de pie de diámetro de 1 ½, la longitud equivalente 11,6 metros; es decir en los accesorios, la longitud equivalente total es de 11.6 + 0.9 = 12.5m.

Por lo tanto la pérdida de carga en la succión es de 0.1008 + 12.5 = 12.6008m.

En el lado de la descarga, se determinó las Pérdida de carga  $h_{fd}$ , tanto en la tubería de descarga, como en sus accesorios. El diámetro de la tubería de descarga es de 1", acero de grado 40, longitud de tubería 60m, 6 codos de 90, 6 T 90°, 2 válvulas compuerta y 1 válvula check; con ello utilizando la ecuación de Hazzen Wiliam:

$$h_{fd} = \frac{10.643 * (0.001018)^{1.85} * 60}{125^{1.85} * 0.0254^{4.87}} = 14.53 \text{ m}$$

Las pérdidas de carga en los accesorios de descarga, se determinan a partir de la longitud equivalente de cada accesorio, multiplicado por el número de accesorios, totalizando 9.2m.

Por lo tanto, las pérdidas de carga total en el lado de descarga fue de 14.53 + 9.2m = 23.73m

Por otro lado, se determinó la energía cinética del agua al circular por la tubería de descarga, mediante la expresión:

$$Ec = \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

Ec: Energía cinética, en m.

V: Velocidad del fluido, en m/s

g: Gravedad, 9.8m/s<sup>2</sup>.

El valor de la velocidad se determinó a partir:

$$V = \frac{4Qd}{\pi \cdot D^2}$$

Dónde:

V: Velocidd del fluido, en m/s.

Qd: Caudal de diseño, en m<sup>3</sup>/s.

D: Diámetro de la tubería, en m.

$$V = \frac{4 * 0.001018}{\pi \cdot 0.0254^2} = 2.09 \text{ m/s}$$

Luego, se determinó la energía cinética:

$$Ec = \frac{2.09^2}{2 * 9.81} = 0.222m$$

Con ello, se determinó la carga dinámica total (CDT) de la bomba, que es la suma de la altura estática (25m), la perdida de carga en la succión (12.60m), la pérdida de carga en la descarga (23.73m) y la energía cinética (0.222m), es decir:

$$CDT = 25 + 12.6 + 23.73 + 0.222 = 61.55m$$

Finalmente, se determinó con la carga dinámica total y el caudal de diseño, la potencia hidráulica que requiere la bomba:

$$Pot = \frac{9810 * Qd * CDT}{n}$$

Dónde:

Pot: Potencia de la Bomba hidráulica, en watt.

Q: Caudal de diseño, en m<sup>3</sup>/s

CDT: Carga dinámica total, en m.

n: Eficiencia.

$$Pot = \frac{9810 \cdot 0.001018 \cdot 61.55}{0.4} = 1536 \text{ Watt}$$

La potencia del motor eléctrico de la bomba será superior a dicho valor, debido a los efectos de la eficiencia del motor eléctrico, es decir  $1536 / 0.8 = 1920 \text{ Watt}$ ; por lo tanto el sistema hidroneumático, requiere una electrobomba de 2KW, de diámetro 1", y velocidad de giro de 1800 rpm

#### 4.3.3. Sistema de interruptores temporizados para la operación de las luminarias ubicadas en las escaleras del edificio.

En las luminarias ubicadas en las escaleras del edificio, se plantea el uso de interruptores temporizados, a fin de que el usuario active las luminarias al momento de subir o bajar las escaleras, pero que el apagado sea después de un tiempo prudencial, que el permita transitar por dicho lugar.

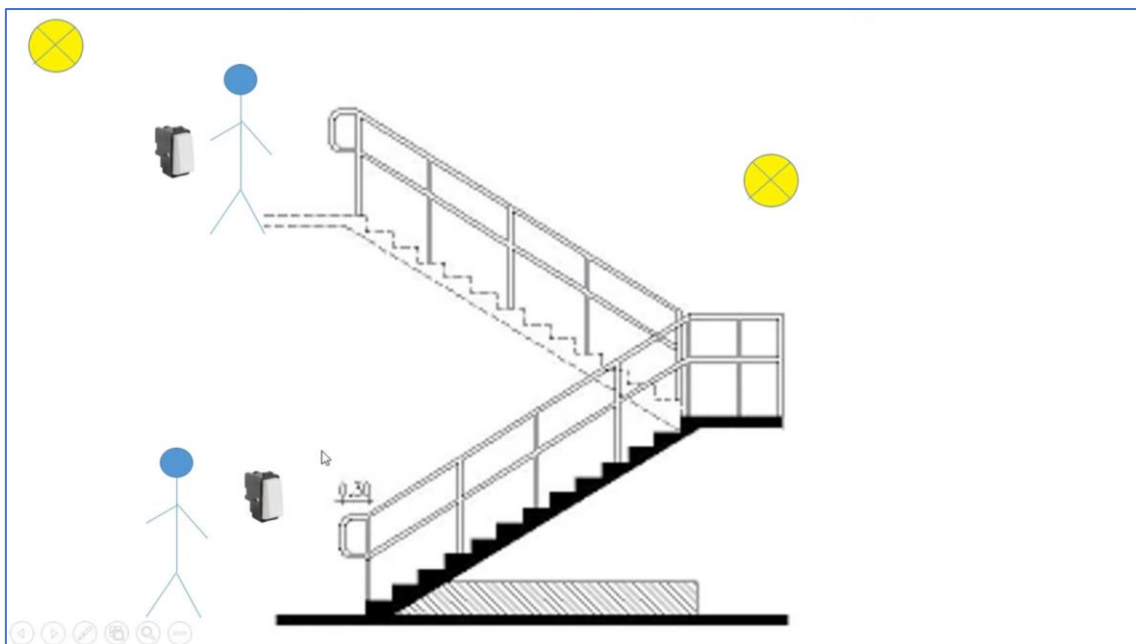


Figura 21. Interruptores temporizadores

Fuente: INDECO, 2021.

Los elementos que constituyen el circuito para temporizar el interruptor de las luminarias de las escaleras, lo constituyen un interruptor diferencial, interruptor termomagnético y el interruptor temporizador.

El interruptor de escalera es una especie de relé de tiempo de retardo. El interruptor de escalera se puede utilizar para el apagado retardado de luces en pasillos, entradas, escaleras, vestíbulos o para el acabado retardado de ventiladores (WC, baño, etc.). El interruptor de escalera es un interruptor inteligente para controlar sus lámparas y ya no necesita usar dos interruptores de 2 vías. El uso del interruptor de escalera puede hacer que el control de una lámpara desde 2 lugares mediante interruptores de 2 vías se haga realidad. El interruptor de escalera cerrará las lámparas automáticamente.

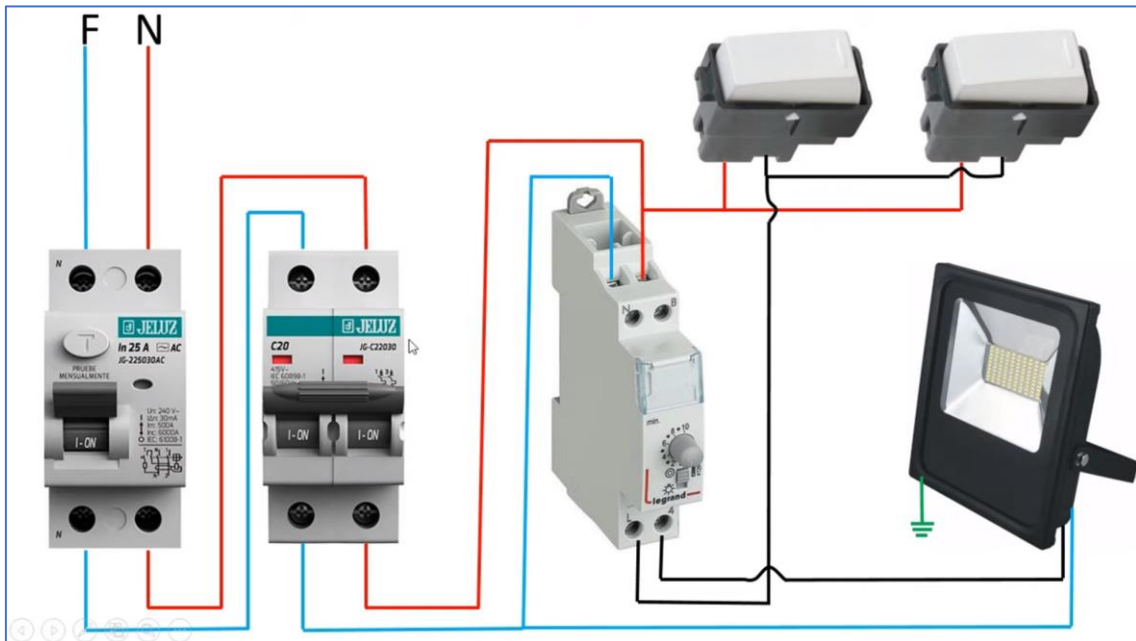


Figura 22. Elementos del circuito de temporización de interruptores de luminaria.

Fuente: INDECO, 2021.

La instalación de este sistema permite optimizar el consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación de las escaleras, disminuyendo el tiempo de



encendido de las luminarias, lo cual conlleva a un ahorro significativo de la energía eléctrica en las áreas comunes del edificio. El tiempo que se programa el apagado del interruptor horario es de 1,5 minutos, y con ello se calculará la disminución del consumo de energía eléctrica, con respecto al sistema convencional, con el mismo ritmo de transitabilidad en las escaleras y pasadizos

Tabla 12. Ficha Técnica Interruptor Temporizador.

INTERRUPTOR TEMPORIZADOR DE ESCALERA	
Parámetros técnicos	GRT8-LS
Función	retrasar la reacción al cambio de contacto
Terminales de suministro	LN
Rango de voltaje	CA 230 V (50-60 Hz)
Entrada de alimentación	CA máx.6VA / 1.3W
Tolerancia de voltaje de suministro	-15%; + 10%
Indicación de suministro	LED verde
Rangos de tiempo	AUTO: 0.5-20min ENCENDIDO APAGADO
Configuración de hora	potenciómetro
Desviación de tiempo	10% de ajuste mecánico
Repita la precisión	Estabilidad del valor establecido al 0,2%
Tiempo mínimo de energía	200 ms
Conexiones de tubos incandescentes	Sí (N-3 o L-3)
Cantidad máx. De lámparas incandescentes	230 V, máximo 75 piezas (medido con lámpara incandescente 0,68 mA / 230 V CA)
Coefficiente de temperatura	0.05% / °C, a = 20 °C (0.05% °F, a = 68 °F)
Producción	1 x SPDT
Valoración actual	1 x 16A (AC1)
Voltaje de conmutación	250VAC / 24VDC
Capacidad mínima de ruptura DC	500 mW
Indicación de salida	LED rojo
Vida mecánica	1 x 10 <sup>7</sup>
Vida eléctrica (AC1)	1 x 10 <sup>5</sup>
Restablecer el tiempo	200ms máx.
Temperatura de funcionamiento	-20 °C a + 55 °C (-4 °F a 131 °F)
Temperatura de almacenamiento	-35 °C a + 75 °C (-22 °F a 158 °F)
Montaje / carril DIN	Carril DIN EN / IEC 60715
Grado de protección	IP40 para panel frontal / terminales IP20
Posición de funcionamiento	alguna
Categoría de sobrevoltaje	III.
Grado de contaminación	2
Tamaño máx. De cable (mm 2)	cable sólido máx. 1 x 2,5 o 2 x 1,5 / con manguito máx. 1 x 2,5 (AWG 12)
Dimensiones	90 x 18 x 64 mm
Peso	61g
Estándares	EN61812-1, IEC 60669-2-3, IEC60947-5-1

Fuente: SINAI ELECTRIC.

Tabla 13. Disminución del consumo de energía eléctrica en escaleras y pasadizos

Item	Nivel	N° Luminarias Instaladas	Potencia Luminaria (KW)	Sistema Actual			Sistema temporizado		Diferencias de consumos entre sistemas (KW-H)
				N° de veces activación	Tiempo de encendido (Horas)	Consumo de energía eléctrica (KW-H) por día	Tiempo encendido (Horas)	Consumo de energía eléctrica (KW-H) por día	
Escaleras	1er Nivel	6	0.05	32	1.8	0.54	0.80	0.24	0.30
	2do Nivel	6	0.05	26	1.8	0.54	0.65	0.20	0.35
	3er Nivel	6	0.05	24	1.5	0.45	0.60	0.18	0.27
	4to Nivel	6	0.05	24	1.5	0.45	0.60	0.18	0.27
	5to Nivel	6	0.05	19	1.2	0.36	0.48	0.14	0.22
	6to Nivel	6	0.05	16	0.6	0.18	0.40	0.12	0.06
	7mo Nivel	4	0.05	12	0.7	0.14	0.30	0.06	0.08
Pasadizos	1er Nivel	12	0.03	22	2.2	0.79	0.55	0.20	0.59
	2do Nivel	10	0.03	18	2.8	0.57	0.45	0.14	0.44
	3er Nivel	10	0.03	16	1.6	0.48	0.40	0.12	0.36
	4to Nivel	10	0.03	16	1.2	0.36	0.40	0.12	0.24
	5to Nivel	10	0.03	16	0.8	0.24	0.40	0.12	0.12
	6to Nivel	10	0.03	18	1.6	0.48	0.45	0.14	0.35
	7mo Nivel	6	0.03	21	0.8	0.19	0.53	0.09	0.10
						5.67		1.95	3.63

Fuente: Autoría Propia.

De la table 12, se puede analizar lo siguiente:

- a) Existe una disminución del consume de energía eléctrica, al realizar el reemplazo de los interruptores de las luminarias de las escaleras y pasadizos, con un valor de 3.63 KW-H/ por día.
- b) El periodo de mayor frecuencia de encendido de las luminarias y pasadizos es entre las 18.30 y 22.30, por lo cual también existe una disminución de la máxima demanda.

Tabla 14. Consumo de energía eléctrica luminarias de escaleras y pasadizos KW.H/día

Consumo de energía eléctrica luminarias de escaleras y pasadizos KW.H/día		
Actual	Sistema temporizado	Diferencias entre sistemas
5.67	1.95	3.63

Fuente: Autoría Propia.

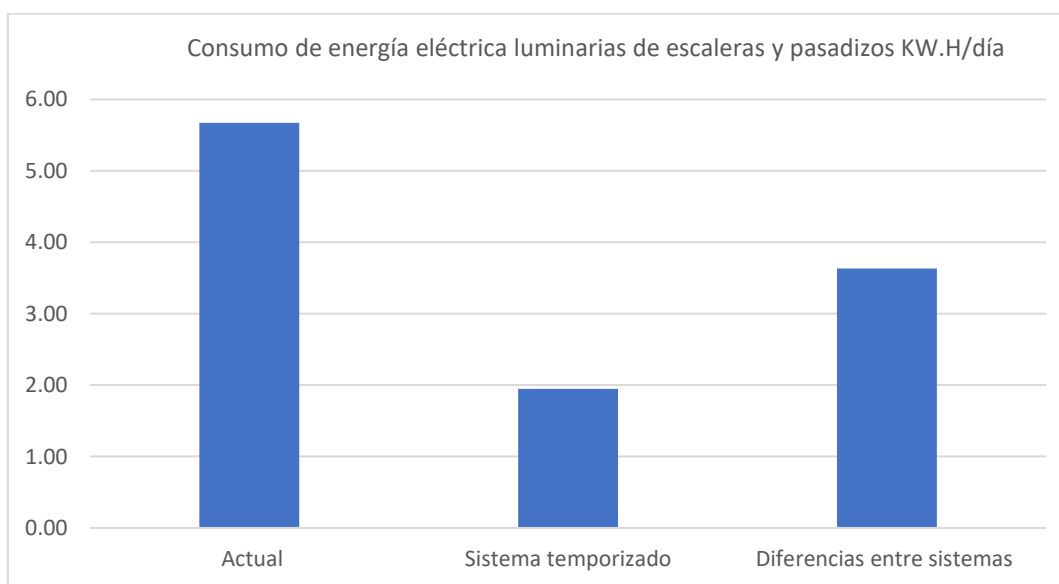


Figura 23. Consumo de energía eléctrica luminarias de escaleras y pasadizos KW.H/día.

Fuente: Autoría Propia.

#### **4.3.4. Instalación de Lámparas con sensor de movimiento en SS.HH.**

En el caso de la iluminación en los Servicios Higiénicos de los 22 departamentos del edificio multifamiliar, se planteó la instalación de lámparas LED con Sistema de sensor de movimiento, con la finalidad de tener un encendido automático al momento que ingresan las personas a utilizar los Servicios Higiénicos. Actualmente están instalados lámparas LED convencionales de 15 Watt, los cuales son activados por las personas manualmente; y se evidenció que existe momentos en los cuales, éstas luminarias permanecen encendidas en el periodo de tiempo en el cual no están personas en su interior.

Se seleccionó la lámpara LED HOMELUX HM-69, de 7 Watt, 220V, el cual tiene un valor de iluminación de 600 Lúmen, este dispositivo cuenta con sensor de movimiento que hace que la lámpara se encienda y apague de manera automática cuando detecta movimiento dentro de su ángulo de alcance. El reemplazo de éste tipo de luminaria, tiene un ahorro en potencia de 8 Watt por cada luminaria, que para los 66 Servicios Higiénicos, totalizan un ahorro de 528 Watt. En términos de ahorro de energía eléctrica, se determinó que existen en promedio 0,6 horas al día de funcionamiento de las lámparas en los Servicios Higiénicos, en el cual no es necesario su uso; por lo cual el ahorro diario por el reemplazo de las luminarias es de  $0.6 \times 30 \times 528 = 9504$  Watt – Hora, o su equivalente en 9.5 KW-H en el periodo de 1 mes.

#### **4.3.5. Reemplazo Progresivo de Lámparas con sensor de nivel de iluminación.**

Las lámparas con sensor de nivel de iluminación, tienen un consumo de energía eléctrica, que es proporcional al nivel de iluminación, y se instalan en el interior de los departamentos del edificio. Los niveles de iluminación, están configurados en el sensor, el cual mediante un Transistor en su circuito de control, determina la intensidad de Corriente eléctrica que consume la lámpara.

Se planteó un reemplazo prgresivo de éstas lámparas, con la finalidad de tener un nivel de iluminación de acuerdo a las actividades que se realiza en las habitaciones de los departamentos del edificio. Un sensor de luminosidad es un dispositivo que tiene muchas aplicaciones pero, de entre todas ellas, la más destacable de todas es que nos permite hacer un uso mucho más eficiente de la energía que utilizamos, adaptando la potencia de las luminarias a la luz ambiental existente.

Las ventajas del uso de éstos dispositivos son:

**Aprovechan la iluminación natural:** Una de las principales ventajas de contar con sistemas de control de iluminación en un edificio es que permiten aprovechar mejor la iluminación natural. Esto se consigue gracias a sensores que detectan en todo momento la cantidad de luz presente en una estancia o ambiente concreto.

**Usan energía solo cuando es necesario:** Así mismo, otra ventaja fundamental de contar con sistemas de control de iluminación es que el uso de la iluminación artificial se adapta solo a los momentos en los que es necesaria.

**Ahorro económico:** Al controlar la iluminación acorde a la luz natural presente, así como a la presencia o no de personas en las distintas estancias, solo se utiliza la energía necesaria en los momentos concretos en los que esta se demanda.

**Protegen el medio ambiente:** implica la instalación de sistemas de control de iluminación es la protección del medio ambiente.

**Prolongan la vida útil de las luminarias:** aumentan la vida útil de las luminarias..

**Aumenta la productividad:** Más allá del ahorro y la eficiencia energética, la instalación de sistemas de control de iluminación también es beneficioso a la hora de aumentar la productividad (por ejemplo en oficinas)..

**Espacios adaptados y personalizables,** es la capacidad de personalizar los espacios según las necesidades y demandas de cada momento. Los sistemas de control de

iluminación permiten crear atmósferas y ambientes determinados según las preferencias y momentos.

La configuración del control de iluminación, en promedio disminuye el consume de energía eléctrica entre el 20 y 30%, dependiendo de las condiciones de los niveles de iluminación natural. Se consider para un escenario moderado, de ahorro del 25% de ahorro de energía por iluminación.



Figura 24. Controlador de Nivel de Iluminación.

Fuente: Manual Fabricante.

El controlador de nivel de iluminación tiene un Sistema que incorpora un sensor de iluminación.y el seleccionado es el Touch LightManager Advance blanco Simon Scena, para una potencia de 0.8 KW, 220 V

#### **4.4. Hacer una evaluación económica de la propuesta**

##### **4.3.1. Inversión Inicial de la Propuesta.**

El costo inicial de la propuesta está dado por el costo del equipamiento de los

dispositivos que automatizan las cargas eléctricas ubicadas en el edificio multifamiliar.

Tabla 15. Costos de la inversión inicial.

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Total S/
1	Controlador inteligente de aire acondicionado Sensibo Air Q, con sensor de calidad de aire	Unidad	22	357	7854
2	Sistema Hidroneumático de impulsión de agua 2 KW	Unidad	1	4500	4500
3	KG316T - Interruptor de temporizador de 220 V, interruptor de temporizador digital automático	Unidad	14	38.5	539
4	Lámpara LED HOMELUX HM-69, 7 Watt, 220V	Unidad	66	18.8	1240.8
5	Control de iluminación Touch LightManager	Unidad	22	112	2464
6	Costo de Instalación	Unidad	22	75	1650
TOTAL S/					18247.8

Fuente: Cotización de Proveedores.

#### 4.3.2. Ingresos estimados del Proyecto.

Para la determinación de los ingresos del proyecto, están dados por el ahorro económico en la facturación eléctrica de los Departamentos del edificio, así como de la facturación de las cargas de uso común.

a) Disminución de la facturación del consumo de aire acondicionado.

	Dpto	Ahorro de energía eléctrica en aire acondicionado (KW-h/mes)			
		Consumo actual promedio kw-h al mes	Proyección de Consumo con sistema automático kw-h al mes	Disminución de consumo de energía kw-h al mes	Ahooro

Primer Piso y Areas comunes	101	61.2	22.7	38.5	34.7
Segundo Piso	201	68.4	25.3	43.1	38.8
	202	79.7	29.5	50.2	45.1
	203	70.2	26.0	44.2	39.8
	204	59.0	21.8	37.1	33.4
Tercer Nivel	301	73.8	27.3	46.5	41.8
	302	45.9	17.0	28.9	26.0
	303	45.9	17.0	28.9	26.0
	304	56.3	20.8	35.4	31.9
Cuarto Nivel	401	20.3	7.5	12.8	11.5
	402	43.2	16.0	27.2	24.5
	403	42.8	15.8	26.9	24.2
	404	41.4	15.3	26.1	23.5
Quinto Nivel	501	39.2	14.5	24.7	22.2
	502	14.4	5.3	9.1	8.2
	503	7.7	2.8	4.8	4.3
	504	9.0	3.3	5.7	5.1
Sexto Nivel	601	26.1	9.7	16.4	14.8
	602	50.9	18.8	32.0	28.8
	603	50.4	18.7	31.7	28.6
	604	53.1	19.7	33.4	30.1
Setimo Nivel	701	49.1	18.2	30.9	27.8
	702	57.6	21.3	36.3	32.6

b) Disminución de la facturación del consumo de energía eléctrica por apagado automático de lámparas de pasadizo.

Item	Nivel	Consumo Actual de energía eléctrica (KW-H) por día	Proyección Consumo de energía eléctrica con sistema automático (KW-H) por día	Diferencias de consumos entre sistemas (KW-H)	Ahorro económico S/.
Escaleras	1er Nivel	16.2	7.2	9	8.1
	2do Nivel	16.2	6	10.2	9.2
	3er Nivel	13.5	5.4	8.1	7.3
	4to Nivel	13.5	5.4	8.1	7.3
	5to Nivel	10.8	4.2	6.6	5.9
	6to Nivel	5.4	3.6	1.8	1.6
	7mo Nivel	4.2	1.8	2.4	2.2
Pasadizos	1er Nivel	23.7	6	17.7	15.9
	2do Nivel	17.1	4.2	12.9	11.6



	3er Nivel	14.4	3.6	10.8	9.7
	4to Nivel	10.8	3.6	7.2	6.5
	5to Nivel	7.2	3.6	3.6	3.2
	6to Nivel	14.4	4.2	10.2	9.2
	7mo Nivel	5.7	2.7	3	2.7
		173.1	61.5	111.6	100.4

c) Disminución de facturación de consumo de energía eléctrica por cambio de Sistema de bombeo de agua.

	Dpto	Ahorro de energía eléctrica en Bombeo de Agua (KW-h/mes)			
		Consumo actual promedio kw-h al mes	Proyección de Consumo con sistema automático kw-h al mes	Disminución de consumo de energía kw-h al mes	Ahorro
Primer Piso y Areas comunes	101	528.0	349.8	178.2	160.4

d) Disminución de facturación de consumo de energía eléctrica por cambio de luminarias en Servicios Higiénicos.

	Dpto	Ahorro de energía eléctrica en Servicios Higiénicos (KW-h/mes)			
		Consumo actual promedio kw-h al mes	Proyección de Consumo con sistema automático kw-h al mes	Disminución de consumo de energía kw-h al mes	Ahorro S/.
Primer Piso y Areas comunes	101	5.0	2.0	3.1	2.8
Segundo Piso	201	8.1	1.5	6.6	5.9
	202	5.8	1.1	4.7	4.2

	203	5.4	1.0	4.4	4.0
	204	7.7	1.4	6.3	5.7
Tercer Nivel	301	8.8	1.6	7.2	6.5
	302	9.2	1.7	7.5	6.7
	303	5.9	1.1	4.8	4.4
	304	5.6	1.0	4.6	4.1
Cuarto Nivel	401	5.2	1.0	4.3	3.8
	402	5.6	1.0	4.6	4.1
	403	5.8	1.1	4.7	4.2
	404	5.2	1.0	4.3	3.8
Quinto Nivel	501	5.6	1.0	4.6	4.1
	502	6.1	1.1	5.0	4.5
	503	8.1	1.5	6.6	5.9
	504	8.1	1.5	6.6	5.9
Sexto Nivel	601	5.8	1.1	4.7	4.2
	602	9.5	1.8	7.8	7.0
	603	8.1	1.5	6.6	5.9
	604	6.1	1.1	5.0	4.5
Setimo Nivel	701	7.4	1.4	6.0	5.4
	702	8.1	1.5	6.6	5.9

e) Disminución de facturación de consumo de energía eléctrica por Reemplazo Progresivo de Lámparas con sensor de nivel de iluminación.

	Dpto	Ahorro de energía eléctrica en luminarias con sensor de iluminación (KW-h/mes)			
		Consumo actual promedio kw-h al mes	Proyección de Consumo con sistema automático kw-h al mes	Disminución de consumo de energía kw-h al mes	Ahorro
Primer Piso y Areas comunes	101	215.5	165.8	49.7	44.8
Segundo Piso	201	112.7	41.7	71.0	63.9
	202	56.8	21.0	35.8	32.2
	203	65.6	24.3	41.3	37.2
	204	63.7	23.6	40.1	36.1
Tercer Nivel	301	37.7	14.0	23.7	21.4
	302	10.4	3.9	6.6	5.9
	303	82.5	30.5	51.9	46.7
	304	107.1	39.7	67.4	60.7
Cuarto Nivel	401	147.3	54.6	92.8	83.5

	402	39.7	14.7	25.0	22.5
	403	103.7	38.4	65.3	58.8
	404	118.3	43.8	74.5	67.0
Quinto Nivel	501	145.1	53.7	91.4	82.2
	502	84.7	31.4	53.4	48.0
	503	96.0	35.5	60.4	54.4
	504	61.8	22.9	38.9	35.0
Sexto Nivel	601	108.3	40.1	68.2	61.4
	602	60.9	22.5	38.3	34.5
	603	85.5	31.7	53.8	48.5
	604	60.9	22.5	38.3	34.5
Setimo Nivel	701	39.0	14.5	24.6	22.1
	702	59.9	22.2	37.7	34.0

Luego, se tiene en resumen, el ahorro en Soles de la facturación eléctrica, con el Sistema propuesto de automatización de las cargas eléctricas, en los 22 departamentos y 1 área común del edificio multifamiliar.

Tabla 16. Ahorro de Energía Eléctrica por equipamiento propuesto.

	Dpto	Ahorro en Soles de energía eléctrica con sistema propuesto (KW-h/mes)					
		Aire acondicionado	Iluminación escaleras y pasadizos	Bombeo de Agua	Sericios Higiénicos	luminarias con sensor de iluminación	Ahorro mensual
Primer Piso y Areas comunes	101	13.2	12.8	160.4	1.2	0.0	187.6
Segundo Piso	201	38.8	8.1	0.0	5.9	63.9	116.7
	202	45.1	9.2	0.0	4.2	32.2	90.7
	203	39.8	7.3	0.0	4.0	37.2	88.3
	204	33.4	7.3	0.0	5.7	36.1	82.5
Tercer Nivel	301	41.8	5.9	0.0	6.5	21.4	75.6
	302	26.0	1.6	0.0	6.7	5.9	40.2
	303	26.0	2.2	0.0	4.4	46.7	79.3
	304	31.9	15.9	0.0	4.1	60.7	112.6
Cuarto Nivel	401	11.5	11.6	0.0	3.8	83.5	110.4
	402	24.5	9.7	0.0	4.1	22.5	60.8
	403	24.2	6.5	0.0	4.2	58.8	93.7
	404	23.5	3.2	0.0	3.8	67.0	97.5
Quinto Nivel	501	22.2	9.2	0.0	4.1	82.2	117.7
	502	8.2	2.7	0.0	4.5	48.0	63.4
	503	4.3	1.6	0.0	5.9	54.4	66.2
	504	5.1	2.2	0.0	5.9	35.0	48.2
Sexto Nivel	601	14.8	15.9	0.0	4.2	61.4	96.3

	602	28.8	11.6	0.0	7.0	34.5	81.9
	603	28.6	9.7	0.0	5.9	48.5	92.7
	604	30.1	6.5	0.0	4.5	34.5	75.6
Setimo Nivel	701	27.8	3.2	0.0	5.4	22.1	58.5
	702	32.6	9.2	0.0	5.9	34.0	81.7
Ahorro Total S/.							2018.4

Fuente: Autoría Propia.

### 4.3.3. Flujo de caja.

Tabla 17. Flujo de caja

Item	Periodo de Evaluación del proyecto, en meses												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión S/.	18248												
Ingresos S/.		2018.4	2018.4	2018.4	2018.4	2018.4	2018.4	2018.4	2018.4	2018.4	2018.4	2018.4	2018.4
Egresos (Mantenimiento) S/.		91.239	91.239	91.239	91.239	91.239	91.239	91.239	91.239	91.239	91.239	91.239	91.239
Utilidad S/.		1927.2	1927.2	1927.2	1927.2	1927.2	1927.2	1927.2	1927.2	1927.2	1927.2	1927.2	1927.2

Fuente: Autoría Propia.

La utilidad mensual, que es la diferencia entre los ingresos y egresos del proyecto es de 1927.2Soles al mes, en todo el edificio multifamiliar.

#### **4.3.4. Indicadores económicos.**

##### **Valor Actual Neto.**

Para el análisis del valor actual neto se consideró:

Nº de meses: 12

Interés mensual del sector financiero: 1.5 %

Utilizando el comando VNA del software Microsoft Excel, se tiene:

Tabla 18. Cálculo de Valor Actual Neto

Item	Periodo de Evaluación del proyecto, en meses												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión S/.	18248												
Utilidad S/.		1927	1927	1927	1927	1927	1927	1927	1927	1927	1927	1927	1927
VALOR ACTUALIZADO AL TIEMPO 0											S/ 21,020.66		

Fuente: Autoría Propia.

Es decir, las utilidades actualizadas al mes cero es de S/ 21,020.66, y restando a la inversión de S/. 18248, se tiene un VAN = S/ 2,772.86



**Tasa Interna de retorno.**

Tabla 19. Tasa Interna de Retorno

Item	Periodo de Evaluación del proyecto, en meses												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión S/.	18247.8												
Utilidad S/.		1927	1927	1927	1927	1927	1927	1927	1927	1927	1927	1927	1927
TASA INTERNA DE RETORNO S/.											3.85%		

Fuente: Autoría Propia.

### **Relación Beneficio Costo.**

Representa la relación global entre los costos de la inversión, y los beneficios durante un período de los 12 meses de análisis del proyecto. Es decir:

$$R \text{ b/c} = 21,020.66 / 18248 = 1.15$$

El valor de relación beneficio costo de 1.15 hace factible la ejecución del proyecto.

## **V. DISCUSIÓN.**

La evolución de las tecnologías de los consumidores de energía eléctrica, para el sector doméstico, cada vez incrementa más la eficiencia, es decir la relación entre la energía útil de salida y la energía de ingreso; ello se da por que existe un control en la corriente eléctrica que ingresa al equipo; éste control de la corriente está configurado de acuerdo a la información de los sensores que captan las necesidades de energía útil, que requieren los sistemas. Es decir existe una relación directa y controlada entre la energía que consume y la energía que realmente requiere.

En lo que respecta a los sistemas de iluminación, existen factores tecnológicos, y factores de utilización, los cuales influyen directamente en el valor del consumo de energía eléctrica, sin embargo en las instalaciones actuales de edificaciones modernas, aun se utilizan equipamiento de iluminación con sistemas convencionales, si bin es cierto que muestran una estética de la forma de la luminaria, presentan un alto consumo de energía eléctrica, evidenciandose ello en el calor que emiten e sus alrededores, y que tiene un efecto collateral, debido a que incementan la temperatura del ambiente a iluminar, como también el confort de los usuarios que se encuentran en dichos ambientes.

La disminución de la facturación eléctrica, es una labor en el cual influyen los dispositivos tecnológicos que se implementan dentro de un minidpertamento en un edificio, como la cultura de uso de la energía, y ello tiene que ver con el nivel de concientización que tinene los usuarios, es decir que no solo debe ser un tema de ahorro económico, sino también de que la disminución del consume de energía eléctrica, tiene relación directa en la emisión de dióxido de carbono al medio ambiente.

En la lesgislación actual, no se tiene un reglamneto en el cual estipule la reducción progresiva del consumo de energía eléctrica por cada persona, para

uso residencial, es decir el incentivo para que el consumo de energía eléctrica percapita disminuya; si bien es cierto las necesidades de confort involucran la utilización de mas electrodomésticos, éstos cada vez presentan menores consumos de energía, por lo cual, debe existir una disminución del consumo de energía eléctrica por cada persona.

En el análisis de los registros históricos de consumo de energía eléctrica en los departamentos del edificio, presentan variabilidad. El mayor consumidor de energía de los 22 departamentos fue de 428.9 kW en un mes, es decir, si se analiza por consume diario, en éste departamento el consume diario fue en promedio de 14.29 KW-h, lo cual representa un alto consume de energía eléctrica, teniendo en cuenta que en promedio el número de personas que habitan los departamentos es de 5; éste valor alto, es un indicador que en dicho departamento, existe un consume excesivo de energía eléctrica. Las razones de ello, son básicamente por el uso inadecuado de la energía.

En cuánto a la máxima demanda, el valor mayor es de 2.18 KW, es decir que a una hora determinada (dentro de la hora punta), la suma de la potencia activa que consumen dichos consumidores eléctricos; éste valor se da debido a que no existe una eficiencia en el uso de la energía eléctrica, ello ocurre por el estilo y cultura de los habitantes de dicho departamento. Sin embargo, se pudo evidenciar los valores de dispersion de la máxima demanda y consumo eléctrico. El valor de desviación estándar de 0.298 KW, indica que si existe notoria diferencia entre la cantidad de equipos conectados dentro de la hora punta; de igual forma sucede con los consumos de energía eléctrica, con un valor de desviación estándar de 89.51 Kw-H. Todo ello, concluye a que los diferentes consumidores eléctricos en el interior de los departamentos del edificio, no se utiliza de forma adecuada la energía eléctrica, por lo cual requiere del uso de la tecnología que automatice el suministro de energia eléctrica, así como también el incremento del nivel de concientización de la población para el ahorro de la energía eléctrica.

En lo que repecta al consumo de energía del sistema de aire acondicionado, instalados en los departamentos del edificio multifamiliar, su uso no está

controlado, y constituye uno de los que mas consumen energía durante el día, y muchas veces sin lograr el objetivo que es brindar el confort a las personas. El mayor tiempo de funcionamiento del aire acondicionado de los 22 departamentos fue de 5.6 horas en un día y ocurrió en el mes de marzo; mientras que el menor tiempo de funcionamiento del aire acondicionado fue de 0.5 horas y ocurrió en uno de los 22 departamentos en el mes de Noviembre. Utilizar mas de 5 horas el aire acondicionado, implica que no se tiene un adecuado control del uso del mismo, es decir el Sistema permanece encendido, si contar con la presencia de personas en el interior del ambiente climatizado; se concluye que la razón es que no se apaga dicho equipo, cuando ya no se utiliza.

Los sistemas automáticos de apagado y encendido de las luminarias, no está reglamentado, pero su utilización en edificios en países en vías de Desarrollo y países desarrollados, tienen estándares en ello, es decir se tiene edificios con niveles estándares de consume de energía eléctrica. En el caso de la iluminación en los Servicios Higiénicos de los 22 departamentos del edificio multifamiliar, se planteó la instalación de lámparas LED con Sistema de sensor de movimiento, con la finalidad de tener un encendido automático al momento que ingresan las personas a utilizar los Servicios Higiénicos. Actualmente están instalados lámparas LED convencionales de 15 Watt, los cuales son activados por las personas manualmente; y se evidenció que existe momentos en los cuales, éstas luminarias permanecen encendidas en el periodo de tiempo en el cual no están personas en su interior.

Los niveles de iluminación de cada ambiente son variables en función al tiempo y en las diferentes horas del día, y su valor está en función directa a las actividades que se desarrolla; es decir se tiene actualmente un solo nivel de iluminación para todos los ambientes del departamento, ello hace que se tenga mayor consumo de energía eléctrica. Las lámparas con sensor de nivel de iluminación, tienen un consumo de energía eléctrica, que es proporcional al nivel de iluminación, y se instalan en el interior de los departamentos del edificio. Los niveles de iluminación, están configurados en el sensor, el cual mediante un

Transistor en su circuito de control, determina la intensidad de Corriente eléctrica que consume la lámpara.

Se evidencia que el usuario del departamento no tiene un plan de reposición de sus luminarias, y muchas veces lo hace solo por efectos de estética, o el cambio que hace de sus luminarias las realiza por otros de las mismas características técnicas. Se planteó un reemplazo progresivo de éstas lámparas, con la finalidad de tener un nivel de iluminación de acuerdo a las actividades que se realiza en las habitaciones de los departamentos del edificio. Un sensor de luminosidad es un dispositivo que tiene muchas aplicaciones pero, de entre todas ellas, la más destacable de todas es que nos permite hacer un uso mucho más eficiente de la energía que utilizamos, adaptando la potencia de las luminarias a la luz ambiental existente.

El equipamiento de la domótica en las instalaciones eléctricas de un edificio, es una necesidad en gran parte de edificaciones no solo en el sector de Vivienda, sino también en edificios públicos, en el cual el uso de la energía eléctrica, no está gestionada de manera eficiente.

## VI. CONCLUSIONES

- Se hizo la evaluación de los consumos actuales de energía eléctrica en cada uno de los 22 departamentos y 1 área común, haciendo una descripción horaria del consumo, estableciendo el ritmo de consumo de energía eléctrica y la máxima demanda.
- Se determinó los parámetros eléctricos de las potenciales cargas a realizar un análisis de reposición o de control en su funcionamiento, es decir en el sistema de bombeo de agua, iluminación de servicios higienicos, luminarias con sensor de nivel de iluminación, sistema automático de control de aire acondicionado, y sistema de apagado automático de las luminarias de las escaleras y pasadizos de la edificación.
- Se hizo propuesta de modificación de consumidores eléctricos, los cuales tienen incluido un control del consumo de energía eléctrica, a partir de las necesidades de energía útil que requieran, obteniendo disminución en su consumo de energía eléctrica y de máxima demanda.
- Se realizó el análisis económico de la propuesta, el cual requiere de una inversión de 18247.8, con indicadores de valor actual neto de S/ 2,772.86 y tasa interna de retorno de 3.85%, con una relación beneficio costo de 1.15, indicadores que hacen viable la elaboración de la propuesta.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- El uso de las tecnologías debe también aplicarse a otros electrodomésticos, a fin de tener un control del consumo de energía, tal como es el caso de las refrigeradoras, lavadoras, etc.
- Proponer una reglamentación en cuanto al equipamiento que deben tener los edificios, en cuanto a valores estandares de consumo de energía eléctrica.



## REFERENCIAS

1. Mamani Chambi, A. M. (2019). Desarrollo de un sistema domótico controlado mediante dispositivos móviles para la vigilancia remota de viviendas familiares.
2. Valverde Ortega, N. M. (2022). Manual para la optimización de servicios en proyectos de iluminación en sistemas domóticos en residencias de Lima.
3. Jaquima Hurtado, W. Z., Paucar Inca, K. Z., Torpoco Beltrán, F. J., Abanto Ramón, C. E., & Carrillo Cuba, C. A. (2021). Criterios de instalación para una vivienda domótica multifamiliar. Caso: Sensores en áreas comunes.
4. Córdova Acuña, Y. P., Gutiérrez Meneses, D. C., Mendoza Pary, A. B., Ayala Hernández, J. M., & Zorrilla García, P. A. (2021). Gestión energética mediante la aplicación de la domótica en instalaciones eléctricas.
5. MASDÍAS-BONOME, Antonio. Influencia de los sistemas de gestión técnica de las instalaciones (domótica) en la calificación energética de los edificios. 2021.
6. URRUTIA BONES, Job. Diseño de iluminación led con control domótico para el ahorro de energía eléctrica y su complementación en las oficinas corporativas del edificio Torre Begonias. 2019.
7. ESCALANTE MALONE, Alonso Emilio. Domótica: análisis y evaluaciones técnico-económicas de aplicaciones para la realidad nacional. 2022.
8. FIESTAS QUEREVALÚ, Sergio Andrés; PAZ OLIVO, Carlos Esteban. Análisis de factibilidad en el uso de domótica como herramienta para el confort y ahorro energético de las viviendas unifamiliares del distrito de Nuevo Chimbote-2021. 2021.
9. BURGA ULCUANGO, Mirian Alexandra. *Diseño de un edificio de vivienda con la aplicación de sistema de domótica, Quito, 2022*. 2022. Tesis de Licenciatura. Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica.
10. GÁLVEZ MARCHÁN, Christian Alberto; MITE VERA, Francisco Jesús. *Diseño e implementación de un sistema de domótica mediante el uso de módulos sonoff y de la tecnología de google assistant, para la congregación de la iglesia del Nazareno en el sector sur de Guayaquil*. 2020. Tesis Doctoral. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones.
11. JULCA, Ahirton Romario Guarniz; GUEVARA, Juan Daniel Meoño;

- TORRES, Enrique Santos Nauca. Implementación de una aplicación móvil con domótica para residencias urbanas. *Revista Científica Emprendimiento Científico Tecnológico*, 2020, no 1, p. 15-15.
12. FLORES MEDINA, Ronaldo Rai. Propuesta de incorporación de la domótica y evaluación del impacto económico en proyectos de edificaciones de viviendas multifamiliares en Lima Metropolitana.
  13. AZAÑEDO URBINA, Eduardo Marcelo. Determinación de la arquitectura domótica de tecnología “VIVE” y “CONTROL4” para minimizar el consumo eléctrico de viviendas familiares. 2022.
  14. GUARNIZ JULCA, Ahirton Romario; MEOÑO GUEVARA, Juan Daniel. IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL CON DOMÓTICA PARA MEJORAR EL CONTROL DE SEGURIDAD E ILUMINACIÓN EN LA RESIDENCIAL LAS CASUARINAS, CHICLAYO 2019. 2020.
  15. ARROYO, Robinson; ANGULO, Juan. La domótica como aplicación de eficiencia energética en Ecuador. *GICOS: Revista del Grupo de Investigaciones en Comunidad y Salud*, 2022, vol. 7, no 4, p. 170-186.
  16. MUÑOZ CALLE, Andrea Melina. Plan de negocios para la creación de una empresa de soluciones integrales para edificios mediante el uso de tecnología domótica en la ciudad de Cuenca-Ecuador. 2023.
  17. ROMUALDO CORDERO, Litman. Implementación de un sistema Domótico para la municipalidad de Fidel Olivas Escudero-Mariscal Luzuriaga; 2023.
  18. RAMOS, Adrián Rodríguez, et al. Diseño de un sistema domótico basado en plataformas de hardware libre. *Revista Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones ISSN: 1815-5928*, 2022, vol. 43, no 2.
  19. PÉREZ FERNÁNDEZ, Luis Miguel, et al. Diseño de un sistema domótico basado en plataformas de hardware libre. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 2022, vol. 43, no 2, p. 47-61.
  20. FERNÁNDEZ, Luis Miguel Pérez, et al. Diseño de un sistema domótico basado en plataformas de hardware libre.
  21. RODRÍGUEZ MERA, Ana Priscila. *Propuesta de diseño de un museo patrimonial cultural con sistema de domótica y certificación leed para la ciudad de Guayaquil*. 2019. Tesis de Licenciatura. Guayaquil: ULVR,

- 2019.
22. ARROYO CASTILLO, Henry Andree. Implementación de un sistema domótico con sensores y alerta SMS en la empresa Narro Systems Surfing–Nuevo Chimbote; 2023.
  23. BASTIDAS TITUAÑA, Bryan Josue. *Diseño de un Sistema Domótico con tecnología EIB KONNEX para gestionar la seguridad del edificio de Ingeniería de la UNACH*. 2022. Tesis de Licenciatura. Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo.
  24. SANDOVAL, Mayte Joseline; GOZÁLEZ MORÁN, CARLOS OMAR. Estudio y análisis de un sistema Domótico para personas con discapacidad motriz en el Estado de México.
  25. GUARACA MARTILLO, Yessica Fernanda; DUARTE ANDRADE, Carlos Aarón. *Diseño arquitectónico de una escuela implementando tecnologías contemporáneas para Puerto Engabao*. 2023. Tesis de Licenciatura. Guayaquil: ULVR, 2023.
  26. GABRIEL VERA, Marco Antonio. Diseño de un sistema domótico en la reducción de costos de energía en una urbanización de la provincia de Huancavelica, 2022. 2022.
  27. ARENCIBIA-PARDO, Francisco Raúl; PEÑA-RODRÍGUEZ, Belisario; CAICEDO-VILLAMIZAR, Surgei Bolivia. El Entorno De Sostenibilidad En Los Edificios Inteligentes. Pasos Para Una “Domótica Saludable Preventiva”.
  28. GUAMAN LLANGA, Ermel Bolivar. *Estudio de factibilidad para la implementación de un edificio residencial automatizado en el sector centro norte de la ciudad de Quito*. 2022. Tesis de Maestría.
  29. GUINEA ESPINOLA, Joshue Aaron. Aplicación de sistemas automatizados (Domótica e Inmótica) como medio de apoyo a la arquitectura residencial sostenible en Santa Anita. 2020.
  30. URRUTIA, J. Diseño de iluminación led con control domótico para el ahorro de energía eléctrica y su complementación en las oficinas corporativas del edificio Torre Begonias [Tesis, Universidad Tecnológica del Perú]. 2019.
  31. ALVARADO GUTIERREZ, ANA CECILIA, et al. IMPLEMENTACION DE

- SENSORES PARA LA GESTION DE AMBIENTES INTERIORES Y EXTERIORES. 2020.
32. MEDINA ENCALADA, Alberto Jose. Propuesta de un Sistema Domótica y su Influencia en el Consumo de Energía Doméstica en el Distrito de Ventanilla en el Sector de la Avenida Calle 10, Ventanilla 2020. 2020.
  33. PÉREZ JAMA, Steven Abraham. *Diseño e implementación de un sistema domótico para la automatización de los servicios, confort y seguridad en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería en Sistemas con el Protocolo X10 usando Arduino*. 2019. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.
  34. JACOBI BUENO, Álvaro Fernando; MIRANDA SÁNCHEZ, Marlon Alexis; SUAREZ HUAMÁN, Oscar Christian Jhair. Implementación de un sistema domótico para la disminución del consumo eléctrico en los hogares de las zonas urbanas de Ica, Perú 2022. 2023.
  35. PORTILLO OGAZ, TOMAS DANIEL, et al. IMPLEMENTACION DE SOFTWARE SCADA PARA MONITOREO Y CONTROL DE EDIFICIO INTELIGENTE. 2019.
  36. BALBIN ONSIHUAY, Sergio Santiago; MONTAÑEZ MOSCOSO, Carlos Alberto. Automatización del proceso de control integrado de equipos electrónicos y electromecánicos para mejorar la capacidad de respuesta del área de mantenimiento en el edificio Morphology. 2020.
  37. PEÑA, Luz Marina Arciniegas. PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS INTELIGENTES TECHNOLOGICAL CRITERIA FOR DESIGN OF SMART BUILDINGS.
  38. LINO RODRIGUEZ, DENISSE NICOLE. *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN DOMÓTICO EN EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA Y ROBÓTICA DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ*. 2021. Tesis de Licenciatura. Jipijapa. UNESUM.
  39. LÓPEZ CORRALES, Ary Francisco, et al. *Implementación de la seguridad física en una maqueta de vivienda mediante un sistema domótico inteligente Open Source con Arduino, administrado con una Aplicación*

- móvil desarrollada en App Inventor*. 2021. Tesis Doctoral.
40. SANTIAGO GRDILLO, Felipe Fabricio. Domótica e inmótica para el ahorro de energía. 2021.
  41. URIBE ALCANTARA, Gisela Angelica. Automatización de un sistema de seguridad eléctrico híbrido. 2019.
  42. MORALES, Jorge M., et al. Sistema de Automatización de Acondicionadores de Aire y Luminarias para Edificios utilizando sensores de Bajo Costo. En *Memorias de Congresos UTP*. 2019. p. 121-128.
  43. MÉNDEZ DE LA TORRE, Rafael Enrique. *Diseño e Implementación de un Módulo de entrenamiento utilizando el procesador ESP32 para aplicaciones enfocadas a la Domótica*. 2022. Tesis de Licenciatura.
  44. ACOSTA, JHOAN ESTEBAN PÉREZ; HERNÁNDEZ, LUIS ALVARO PÉREZ. DESARROLLO DE UN MÓDULO DOMÓTICO MULTIPLATAFORMA BASADO EN EL INTERNET DE LAS COSAS CON FINES DIDÁCTICOS Y DEMOSTRATIVOS. Saguma Aniceto, J. A. (2018). "Diseño de sistema domótico para reducir el consumo de energía eléctrica en un edificio multifamiliar en la ciudad de Chiclayo".

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Cuadro de operacionalización de variables

<b>Variables de estudio</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
Variable Independiente: Diseño de un Sistema Domotico	Es la proyección del uso de dispositivos de control de las cargas eléctricas de manera automática, de acuerdo a las necesidades de los usuarios en las viviendas multifamiliares.	Se mide ésta variable con la cuantificación de los parámetros que interviene en el control de los circuitos eléctricos, mediante la acción de sensores y actuadores.	Captación con sensores Modificación con actuadores	Intervalo Intervalo
VARIABLE DEPENDIENTE Disminución del Consumo de energía eléctrica en edificio multifamiliar	Es la cantidad de energía eléctrica que consumen las carga eléctricas en un edificio multifamiliar en un determinado tiempo.	Es la comparación del consumo de energía eléctrica expresados en kW.h entre edificios multifamiliares con y sin sistemas domóticos	Potencia eléctrica Energía eléctrica Factor de potencia Tiempo de utilización	Intervalo Intervalo Razón Intervalo

## Instrumentos de Recolección de Datos

Instrumento 1: Inventario de Cargas eléctricas en viviendas de edificio multifamiliar

Edificio	Nivel	Carga eléctrica	Potencia Instalada (kW)	Horario de utilización (Especifique)	Tiempo de utilización al día (Horas)	Tipo de carga (Resistiva, Inductiva)	Factor de Potencia
1	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
2	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
3	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						

Instrumento 2.

Histórico mensual de Consumo de energía eléctrica (kW.h)

Edificio	Nivel	Consumo de energía eléctrica (kW.h)											
		Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22
1	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												
	7												
2	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												
	7												
3	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												
	7												



Instrumento 3.

Histórico mensual de Facturación de energía eléctrica (Soles)

Edificio	Nivel	Consumo de energía eléctrica (kW.h)											
		Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22
1	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												
	7												
2	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												
	7												
3	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												
	7												



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CELADA PADILLA JAMES SKINNER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "DISEÑO DE UN SISTEMA DOMOTICO PARA DETERMINAR LA DISMINUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EDIFICIO MULTIFAMILIAR", cuyo autor es VELASQUEZ CERVANTES JOSE IMER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 29 de Noviembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CELADA PADILLA JAMES SKINNER <b>DNI:</b> 16782335 <b>ORCID:</b> 0000-0002-5901-2669	Firmado electrónicamente por: CPADILLAJ el 11-12- 2023 20:05:13

Código documento Trilce: TRI - 0672810