

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**GESTIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA DOMÓTICA EN  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

**Trabajo de investigación para la obtención del grado académico de BACHILLERA  
EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORAS:**

Córdova Acuña, Yuliana Patricia  
Gutiérrez Meneses, Diana Carolina  
Mendoza Pary, Alexandra Briggy

**Trabajo de investigación para la obtención del grado académico de BACHILLER  
EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORES:**

Ayala Hernández, Johnny Marlon  
Zorrilla García, Pedro André

**ASESOR:**

Naveda Alva, Gregory Javier Miyelo

Lima, diciembre, 2021

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal fomentar una buena gestión energética mediante la aplicación de la domótica en viviendas residenciales en el Perú, con la finalidad de crear ahorro energético, económico y evaluar la factibilidad de su costo de implementación. En primer lugar, para lograr los objetivos planteados, se expone el estado de la domótica en el Perú. Para ello, se presenta las principales empresas que dominan el mercado, así como sus productos y se revisa los antecedentes de la implementación de la domótica en el país. En segundo lugar, se presenta los campos de aplicación de la domótica que generan un ahorro energético. Por último, para evaluar los beneficios de su aplicación, se compara el consumo energético en viviendas convencionales y viviendas con automatización doméstica. A partir de la información presentada, se concluye que la implementación de la domótica reduce el gasto energético, lo cual significa una disminución de la huella de carbono, además de generar un ahorro económico. No obstante, es necesario que los usuarios se encuentren capacitados en el uso de esta tecnología para obtener dichos beneficios.

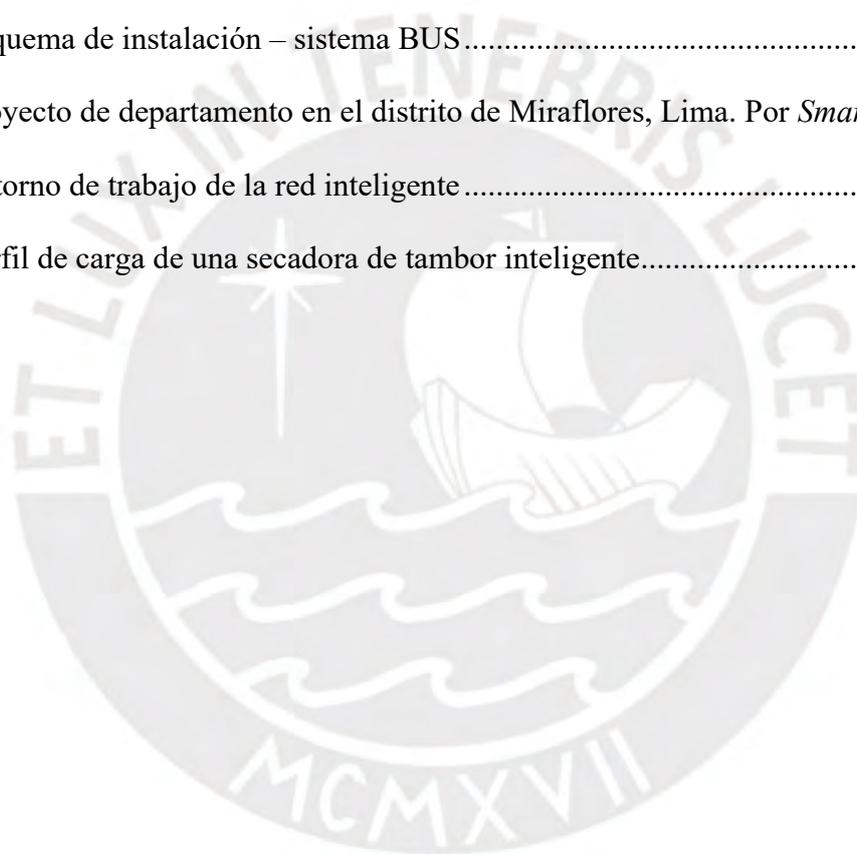
Palabras claves: domótica, estado de la domótica, automatización doméstica, casa inteligente, ahorro energético, gestión energética.

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| Capítulo 1. Generalidades.....   | 1  |
| 1.1. Introducción .....  | 1  |
| 1.2. Justificación .....   | 1  |
| 1.3. Alcance .....   | 2  |
| 1.4. Objetivos.....  | 2  |
| 1.5. Metodología .....   | 3  |
| Capítulo 2. Revisión de la literatura .....  | 4  |
| 2.1. Consumo energético en Perú.....   | 4  |
| 2.1.1. Factores que influyen en el consumo energético en una vivienda .....        | 6  |
| 2.2. Eficiencia energética.....  | 8  |
| 2.2.1. Eficiencia energética en residencias.....                                   | 8  |
| 2.3. Domótica.....   | 9  |
| Capítulo 3. Desarrollo de la investigación.....                                    | 11 |
| 3.1. Estado de la domótica en Perú .....   | 11 |
| 3.1.1. Empresas y productos .....  | 11 |
| 3.1.2. Antecedentes de utilización de la domótica en instalaciones eléctricas..... | 14 |
| 3.2. Domótica para lograr la eficiencia energética.....                            | 15 |
| 3.2.1. Aplicaciones en instalaciones eléctricas .....                              | 15 |
| 3.2.2. Comparación con viviendas convencionales .....                              | 20 |
| Capítulo 4. Conclusiones y recomendaciones .....                                   | 23 |
| 4.1. Conclusiones .....  | 23 |
| 4.2. Recomendaciones .....   | 24 |
| Referencias.....   | 26 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <i>Figura 1.</i> Participación de tecnologías y fuente de tecnologías y fuentes en la potencia instalada – Mercado Eléctrico..... | 4  |
| <i>Figura 2.</i> Participación de consumo eléctrico de electrodomésticos del sector residencial.....                              | 7  |
| <i>Figura 3.</i> Pantalla táctil con Placa Vidrio Kristall - Axolute (izquierda), Placa Park – LivingLight.....                   | 12 |
| <i>Figura 4.</i> Comando de escenarios con Placa Cristal Azul Cielo, Axolute.....   | 12 |
| <i>Figura 5.</i> Esquema de instalación – sistema BUS.....  | 13 |
| <i>Figura 6.</i> Proyecto de departamento en el distrito de Miraflores, Lima. Por <i>Smart House</i> ....                         | 15 |
| <i>Figura 7.</i> Entorno de trabajo de la red inteligente.....  | 19 |
| <i>Figura 8.</i> Perfil de carga de una secadora de tambor inteligente.....   | 20 |



**ÍNDICE DE TABLA**

|  |    |
|--|----|
| <i>Tabla 1.</i> Balance Energético Mundial 2017 .....                    | 5  |
| <i>Tabla 2.</i> Consumo final de energía por sectores (Und: TJ) .....    | 6  |
| <i>Tabla 3.</i> Resultados de consumo después de la implementación ..... | 21 |



## Capítulo 1. Generalidades

### 1.1. Introducción

En el Perú, el consumo de energía eléctrica ha aumentado con el paso de los años. Según el último Balance Nacional de Energía correspondiente al 2019, se ha registrado un incremento de más de 5,000 terajoules (TJ) de consumo de energía eléctrica con respecto al año anterior. Además, del total de gasto de electricidad, el 43.68% representa el sector residencial (Ministerio de Energía y Minas, 2019). Esto significa que los hogares son una gran fuente de gasto energético.

Una solución a esta problemática ha sido la creación de luminaria con tecnología LED con sensores de movimiento incorporados, interruptores inteligentes e, inclusive, electrodomésticos con encendido y apagado automático. A la agrupación de estos tres dispositivos se le ha denominado “domótica”. Este sistema ofrece la posibilidad de manipular los aparatos electrónicos desde un *smartphone*, laptop, computadora o *tablet*, sin importar la ubicación del usuario (López et al., 2015).

Los beneficios que otorga la domótica van más allá de evitar realizar algunas actividades cotidianas. Además, puede aumentar los niveles de seguridad, confort y de ahorro energético (Bedolla et al., 2018). El presente trabajo de investigación se enfoca en este último, pues se pretende lograrlo mediante una buena gestión energética.

### 1.2. Justificación

En este trabajo, se busca desarrollar la aplicación de la domótica en instalaciones eléctricas residenciales desde el punto de vista del ahorro energético. Se conoce que, en los últimos años, la demanda energética ha crecido. Asimismo, las necesidades básicas como electricidad, agua y desagüe se volvieron más importantes para una mejor calidad de vida. Por

ello, se busca mejorar el uso de la energía eléctrica a través de nuevos aparatos electrónicos o mejoras en el sistema eléctrico, una de las cuales es la aplicación de la domótica en viviendas.

### **1.3. Alcance**

El presente estudio se enfoca en una investigación de la aplicación de domótica en las instalaciones eléctricas para la optimización de la gestión energética. Esta incluye una breve descripción del estado de la aplicación de la domótica en Perú. Además, se tomará como referencia investigaciones previas, en las que se haya realizado una comparación entre proyectos residenciales que implementan sistemas domóticos en su diseño y sistemas convencionales para las instalaciones eléctricas. En dicha evaluación, se considerarán aspectos relacionados a la eficiencia y ahorro energético.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Fomentar la implementación de la domótica para lograr una buena gestión energética

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Presentar el estado de la domótica en el Perú: principales empresas, productos y antecedentes
- Exponer alternativas tecnológicas de ahorro energético mediante la aplicación de la domótica en las instalaciones eléctricas
- Comparar el consumo energético en viviendas convencionales y viviendas con automatización doméstica

## 1.5. Metodología

El presente trabajo sigue un enfoque descriptivo, por lo que se utilizará la recopilación de datos de residencias que se beneficien de los diversos usos de la domótica y el consumo energético de las mismas, a fin de mostrar el ahorro energético que implica el uso de la domótica en las instalaciones eléctricas. El tipo de diseño de investigación es no experimental transversal, puesto que se analizará una comparación entre el consumo energético de residencias que utilizan el concepto de la domótica aplicado en las instalaciones eléctricas y el de viviendas que no lo implementan.

Primero, se revisará literatura sobre la situación actual del consumo energético de las viviendas unifamiliares y multifamiliares en el Perú, y se definirá conceptos importantes para el tema de estudio tales como la eficiencia energética y la domótica. Segundo, se identificará cuál es el estado de la domótica en el Perú. En ese sentido, se presentará las diversas empresas en el mercado, los productos y servicios que estas ofrecen, además de revisar los antecedentes y aplicaciones de la domótica en las instalaciones eléctricas en el país. Finalmente, se evaluará los resultados de las diversas aplicaciones de la domótica en instalaciones eléctricas en comparación con viviendas que no utilicen este sistema. Con la información obtenida, se concluirá acerca del uso del sistema domótico para la mejora en la eficiencia energética y se realizará recomendaciones para futuras investigaciones relacionadas al tema.

## Capítulo 2. Revisión de la literatura

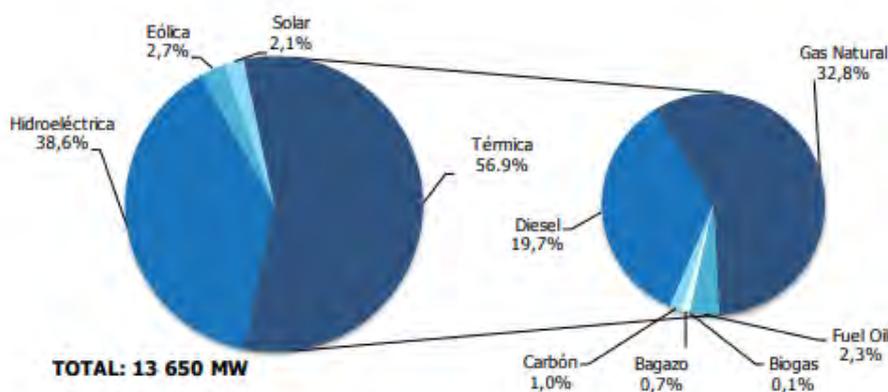
En el presente capítulo, se detallará algunos conceptos y estadísticas importantes para el desarrollo de la investigación. En primer lugar, se describe el consumo energético en Perú y se identifica los principales factores y su porcentaje de influencia en el gasto energético de una vivienda promedio. En segundo lugar, se define la eficiencia energética y, posteriormente, se presenta a la domótica como una solución para alcanzarla.

### 2.1. Consumo energético en Perú

En el Balance Nacional de Energía 2019, se reportó que, en Perú, el 90.3% del parque de generación de energía está conformado por centrales del mercado eléctrico, mientras que el porcentaje restante (9.7%) es de uso propio. Entre las tecnologías más usadas para la generación de energía, se encuentran las centrales termoeléctricas y, luego, las centrales hidroeléctricas. Por otra parte, dentro de las centrales renovables más resaltantes se encuentran las eólicas y solares. En la figura 1, se muestra las principales fuentes de generación de energía a nivel nacional.

**Figura 1.**

*Participación de tecnologías y fuente de tecnologías y fuentes en la potencia instalada – Mercado Eléctrico*



*Nota.* Tomado del “Balance Nacional de la Energía 2019”, por el Ministerio de Energía y Minas, 2019

De acuerdo a una nota de prensa del Instituto Nacional de Estadística e Informática (2021), el 96,0% de la población cuenta con energía eléctrica debido a una red pública. Además, de este porcentaje, el 99.2% de residentes del área urbana cuenta con energía eléctrica, mientras que, en el área rural, el 83.8% de residentes cuentan con esta necesidad básica.

Por otra parte, en el Balance Energético Mundial 2017, se reporta que, en el Perú, la producción de energía primaria nacional fue de 1 281 041 TJ. Este valor representó el 1% de la producción de energía a nivel mundial. Mientras tanto, China produjo 7 PWh de los 26 PWh producidos a nivel mundial. En el Perú, entre los años 2009 y 2018, el crecimiento promedio anual de energía fue de un 6%. En la tabla 1, se observa los valores de producción de energía, demanda y consumo respecto a otras regiones (International Energy Agency, 2019).

**Tabla 1.**

*Balance Energético Mundial 2017*

| INDICADORES                                 | REGIONES |      |         |     |      |       |
|---|----------|------|---------|-----|------|-------|
|   | Mundial  | OECD | No OECD | LAC | Asia | China |
| Producción de Energía (PWh)                 | 25.7     | 11.1 | 14.7    | 1.3 | 3.1  | 6.7   |
| Oferta de energía primaria per cápita (TEP) | 1.9      | 4.1  | 1.3     | 1.3 | 0.8  | 2.2   |
| Consumo per cápita (MWh)                    | 3.2      | 8.0  | 2.1     | 2.1 | 1.1  | 4.6   |
| Emisiones de CO2 (gt)                       | 32.8     | 11.6 | 20.0    | 1.2 | 4.2  | 9.3   |
| Emisiones de CO2 per cápita (t)             | 4.4      | 8.9  | 3.2     | 2.2 | 1.7  | 6.7   |

Nota. Las siglas OECD significa Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico; LAC, Latino América y El Caribe. Tomado de "World Energy Outlook 2019", por *International Energy Agency*, 2019

En el Balance Nacional de Energía 2019, se registró un consumo total de 921 788.5 TJ en el Perú. De este total, el sector de transporte consumió un 40.1%, siendo uno de los sectores

más grandes de consumidores. En el segundo lugar, se encuentra el sector de industria y minería con un total de 27.2%. Finalmente, el sector residencial, comercial y público registraron en total un valor del 23.9% del consumo total a nivel nacional, como se evidencia en la siguiente tabla. Asimismo, el consumo nacional de energía eléctrica del 2019 sufrió una variación del 2.8% respecto al 2018. En la tabla 2, se evidencia las variaciones de consumo energético por sector entre los años 2018 y 2019.

**Tabla 2.**

*Consumo final de energía por sectores (Und: TJ)*

| Sector   | 2018      |        | 2019      |       | Variación |
|--|-----------|--------|-----------|-------|-----------|
|  | Cantidad  | Part.  | Cantidad  | Part  |           |
| <b>BUNKER-COMBUSTIBLES VENDIDOS EN NAVES MARÍTIMAS Y AÉREAS EN VIAJE INTERNACIONAL</b> |           |        |           |       |           |
| Transporte (bunker)  | 50 235.4  | 5.6%   | 48 777.7  | 5.3%  | -2.9%     |
| Subtotal   | 50 235.4  | 5.6%   | 48 777.7  | 5.3%  | -2.9%     |
| <b>CONSUMO FINAL</b>   |           |        |           |       |           |
| Transporte (nacional)  | 359 798,1 | 40.1%  | 377 615.2 | 40.1% | 0.4%      |
| Residencial, Comercial y Público   | 222 879.7 | 24.9%  | 219 898.8 | 23.9% | -1.3%     |
| Industria y Minería  | 239 665.7 | 26.7%  | 250 528.3 | 27.2% | 4.5%      |
| Agropecuario y Pesca   | 9 463.8   | 1.1%   | 10 296.9  | 1.1%  | 8.8%      |
| No Energético  | 14 525.7  | 1.6%   | 14 671.7  | 1.6%  | 1.0%      |
| Subtotal   | 846 332.9 | 94.4%  | 873 010.9 | 94.7% | 3.2%      |
| Total  | 896 568.3 | 100.0% | 921 788.5 |       | 2.8%      |

Tomado de *Balance Nacional de la Energía 2019*, por *Ministerio de Energía y Minas*, 2019.

### 2.1.1. Factores que influyen en el consumo energético en una vivienda

Uno de los factores del incremento de la energía eléctrica en un hogar es el avance de la tecnología relacionada con las actividades domésticas. Esto conlleva a la automatización de

actividades cotidianas consideradas comunes y a la invención de nuevos aparatos eléctricos. Un ejemplo es la aspiradora robótica, la cual es la solución automatizada del barrido y trapeado de pisos (Andrade et al., 2020). Otro ejemplo son las cocinas a inducción. Estas prometen una nueva forma de cocción mediante la tecnología de la inducción electromagnética (Rodríguez et al., 2018).

Otro factor es la mayor accesibilidad a los electrodomésticos. El modificar y actualizar algunos aparatos electrónicos devalúa el precio de versiones anteriores. Esto ha llevado a que la refrigeradora sea el electrodoméstico más consumido, con más de 1600 unidades registradas estimadas para el 2014. En segundo lugar, se encuentran los televisores con pantalla LCD/LED, con aproximadamente 1600 unidades. Por último, están las neveras y lavadoras, con más de 400 mil unidades (Zellweger & Martínez, 2012). Como se observa en la Figura 2, son estos 3, en conjunto con la luminaria y el calentador de agua, los que generan mayor consumo energético (Consortio Corpoema Hincio, 2019). Además, según una proyección realizada por el Consortio Corpoema Hincio, se estima que, para el 2030, los refrigeradores continuarán siendo los principales consumidores de energía eléctrica, con 28.95% de participación, superando a los focos, con 14.84% (Consortio Corpoema Hincio, 2019).

**Figura 2.**

*Participación de consumo eléctrico de electrodomésticos del sector residencial.*



*Nota.* Tomado de “La eficiencia energética y el ahorro energético residencial”, por Torres, 2020.

Por último, a pesar de que los aparatos electrónicos se encuentren apagados, se produce un consumo energético al mantenerlos enchufados la mayor parte de tiempo. Se estima que esta cantidad de electricidad consumida representa entre el 5% y 10% del total en un hogar promedio (J. Torres et al., 2014).

## **2.2. Eficiencia energética**

De acuerdo a la Agencia Internacional de Energía, la eficiencia energética se define por la óptima gestión del consumo de energía para satisfacer un mayor servicio con la misma entrada de energía o igual servicio, con menor entrada de energía (International Energy Agency, 2014). La implementación de medidas para lograr la eficiencia energética conlleva beneficios potenciales que impactan directamente en el control del calentamiento global. Según el reporte “Cambia la Energía, Cambia el Clima: Cambio Climático y su Impacto en el Sector Energético”, las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de energía representan el 40.4% de las emisiones totales de la región de América Latina y El Caribe (Organización Latinoamericana de Energía [OLADE] et al., 2016). En efecto, una reducción en el consumo de energía resulta en una menor emisión de gases contaminantes. Adicionalmente, otro beneficio de la eficiencia energética radica en el ahorro económico representado en las facturas del servicio debido al control racional del consumo de energía.

### **2.2.1. Eficiencia energética en residencias**

El sector construcción representa aproximadamente el 40% del consumo de energía primaria y 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub> y, en cuanto al sector residencial, este representa el 25% del consumo final de energía (Guillén et al., 2015) . Por lo mencionado anteriormente, es de suma importancia la aplicación de estrategias en las fases de un proyecto residencial (diseño, construcción y operación) para mitigar el consumo energético con la finalidad de alcanzar la eficiencia energética. En la actualidad, existen diversas prácticas para evaluar la eficiencia

energética en edificaciones residenciales, las cuales son avaladas por las normativas ISO y certificaciones de construcción como, por ejemplo, *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) o EDGE. Una de las propuestas a fin de lograr una gestión eficiente del consumo de energía es la automatización en viviendas unifamiliares y multifamiliares, también conocida como domótica.

### 2.3. Domótica

Un concepto clásico de domótica es la aplicación de la automatización orientada al espacio doméstico (J. M. Maestre, 2015). Esta definición marca el inicio de la evolución de la domótica. Con el paso del tiempo, se hace notar el avance tecnológico de los diversos equipos y dispositivos que se encuentran en las viviendas. Estos dispositivos han sido automatizados otorgando confort, seguridad y ahorro energético a sus usuarios de forma independiente. Sin embargo, con el paso del tiempo este concepto de domótica fue superado. Hoy en día, la domótica es considerada la tecnología que permite gestionar y controlar diversos sistemas automatizados o no automatizados desde una única ubicación y de forma directa (Guzmán Navarro & Merino Córdoba, 2015). Esta nueva definición incluye el concepto de integración entre los diversos sistemas en busca de una mejor gestión de la información entre los dispositivos y facilita su control por parte de los usuarios.<sup>7</sup>

Los sistemas domóticos están compuestos por lo general por (a) sensores, encargados de recoger la información dentro de la vivienda y de su entorno; (b) controladores, uno o varios equipos que reciben la información y envían órdenes; (c) actuadores, los cuales ejecutan las órdenes enviadas por los controladores (Núñez, 2012). En otras palabras, el sistema domótico recibe, procesa y gestiona la información proporcionada por los sensores y los usuarios para, luego, enviar órdenes a los actuadores para realizar acciones previamente programadas.

Los sistemas domóticos se pueden implementar con uno o diversos propósitos. A continuación, se detallan los propósitos más comunes según Francisco Guzmán y Salvador Merino en el libro “Domótica. Gestión de la energía y gestión técnica de los edificios” (2015, p. 25).

- **Confort:** Proporciona a los usuarios control sobre distintos equipos, los cuales permiten una mayor comodidad en el ambiente y, también, permiten al usuario librarse de realizar diversas tareas rutinarias. Un ejemplo de esta característica es el encendido del sistema de ventilación de la vivienda cuando la temperatura interior llega una temperatura determinada.
- **Gestión energética:** El sistema programa, regula y optimiza la energía cumpliendo con los requerimientos configurados en la vivienda. Un ejemplo es el control del funcionamiento de los equipos aprovechando los tramos del día en el que la tarifa eléctrica es menor.
- **Seguridad:** Se da a dos grupos importantes. La seguridad de las personas ante agresiones, robos o intrusiones y la seguridad de los equipos previniendo averías o contingencias de los diversos sistemas o aparatos. Un ejemplo del sistema de seguridad para personas es el simulador de presencia al detectar el ingreso un intruso. Un ejemplo del sistema de seguridad de equipos es el corte automático del suministro de gas ante la detección de una fuga.

## Capítulo 3. Desarrollo de la investigación

### 3.1. Estado de la domótica en Perú

#### 3.1.1. Empresas y productos

Algunas de las empresas que son parte de la revolución de la domótica en el país son SR Soluciones Integrales en Ingeniería E.I.R.L., Conauti, *Smart House* Perú, Domótica Perú y BTicino. Esta última cuenta con gran presencia y reconocimiento a nivel internacional y se posiciona como una de las marcas más importantes en el mercado de las instalaciones eléctricas en el Perú. Por ello, para ejemplificar lo que se ofrece en nuestro país en cuanto a domótica, se presentará algunos de sus productos.

*BTicino* cuenta con líneas distintas como *My Home*, *Nuvo* y *Netatmo*. *My Home* cuenta con un sistema de control centralizado, llamado comando *Touch Screen*, mediante el cual se puede controlar la iluminación de diversos espacios, aire acondicionado, calefacción, persianas, cortinas, equipos de proyección, entre otras funciones. Esta pantalla puede ser utilizada de manera bastante intuitiva, gracias a sus íconos fáciles de comprender. Además, es compatible con las líneas *Axolute* y *LivingLight* de *BTicino*, las cuales proporcionan un acabado más sofisticado (BTicino-Legrand Perú, 2021c). Una nueva función de la pantalla táctil, que puede llevar al usuario a inclinarse por esta propuesta, es la posibilidad de obtener reportes del consumo de energía y agua. Ello permitiría identificar qué aparatos o en qué ambientes se consume mayor cantidad de energía, para tomar acción y cambiar ciertos hábitos de consumo en el hogar (BTicino, 2021).

**Figura 3.**

*Pantalla táctil con Placa Vidrio Kristall - Axolute (izquierda), Placa Park – LivingLigh (derecha)*



*Nota.* Tomado de “Catálogo My Home”, por Bticino, 2021

Otro dispositivo que forma parte de la línea *My Home* es el comando de escenarios, en la cual el usuario puede elegir entre 4 escenas preestablecidas por el mismo. Cada escena crea un ambiente deseado al combinar distintas configuraciones de iluminación, cortinas, temperatura, música, entre otros. Por ejemplo, con tan solo presionar un botón se podría activar la escena “Relax”, que implicaría que se encienden las luces perimetrales, la luz de lectura y la música ambiental y que se abran las persianas (BTicino-Legrand Perú, 2021b).

**Figura 4.**

*Comando de escenarios con Placa Cristal Azul Cielo, Axolute*



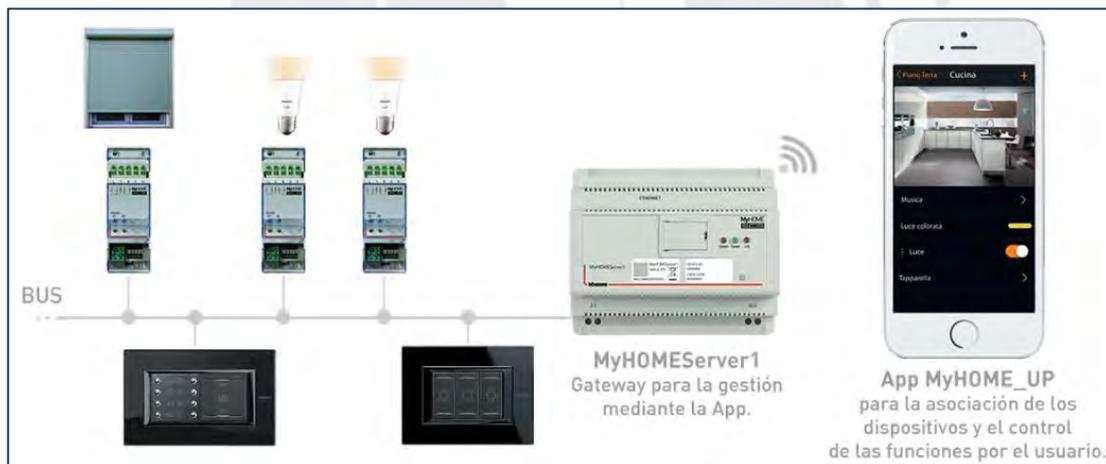
*Nota.* Tomado de “Catálogo My Home”, por Bticino, 2021

Una forma alternativa de controlar las funciones del sistema es mediante la aplicación para teléfonos inteligentes o tabletas MyHOME\_Up, la cual es de utilidad tanto para el instalador como para el usuario. Con ella se facilita la vinculación de los dispositivos con el servidor MyHOMEServer\_1 (BTicino-Legrand Perú, 2021b).

Las instalaciones se realizan mediante un sistema de cableado simplificado BUS, el cual permite que los edificios obtengan la certificación LEED, o mediante el sistema inalámbrico *My Home – Zig Bee*. Este último también puede ser utilizado en caso se requiera extender la red a otros ambientes no contemplados inicialmente (BTicino-Legrand Perú, 2021a).

**Figura 5.**

*Esquema de instalación – sistema BUS*



*Nota.* Tomado de “Sistema de automatización y domótica – MyHOME”, por ArchDaily, 2021.

Al sistema doméstico pueden ser incorporados dispositivos de la línea Nuvo y Netatmo. La primera incluye opciones cableadas e inalámbricas de altavoces para interiores y exteriores, amplificadores y un teclado táctil de alta gama, con el fin de ofrecer reproducción de música digital en alta fidelidad. Por su lado, la línea Netatmo incluye cámaras interiores y exteriores, sensores y sirenas, para ofrecer mayor seguridad en el hogar (BTicino, 2021).

Las personas que estén interesadas en implementar la domótica a sus hogares pueden visitar el *showroom* de la compañía. Asimismo, la empresa Bticino ofrece cursos muy cortos dirigidos a instaladores, electricistas, ingenieros y estudiantes, en los que se tratan temas como el sistema BUS, el protocolo Zig Bee, configuración de escenarios o los criterios para proyectar la implementación de la domótica en obras residenciales y comerciales (BTicino, 2021).

### 3.1.2. Antecedentes de utilización de la domótica en instalaciones eléctricas

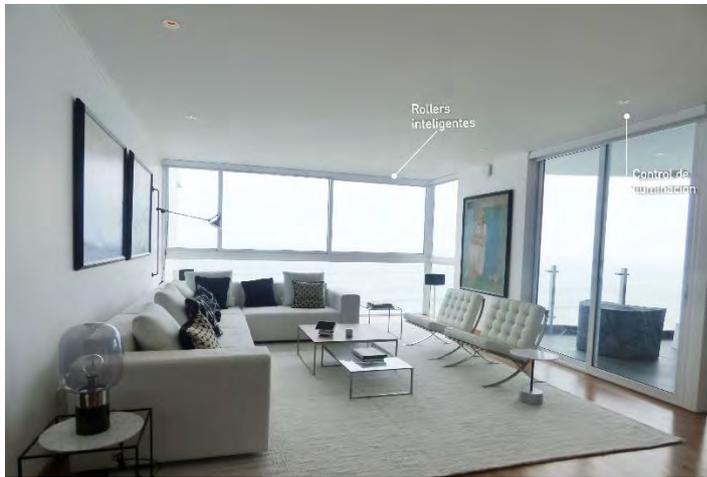
En el Perú, la domótica es desconocida pese a su gran cantidad de beneficios. No obstante, el número de tesis y trabajos de investigación relacionados a ellos está en aumento. Una prueba de ellos se muestra en el repositorio de la PUCP (s.f.). Se ha registrado nueve ítems relacionados al tema desde el 2011 al 2021. Esto es un indicador del incremento de interés y los temas que abarca son dos. En primer lugar, la mayor parte de estos informes están relacionados a temas de diseño y/o desarrollo de un sistema domótico en una edificación. Por último, se ha realizado estudios de planificación estrategia de proyectos inmobiliarios que incluyan sistemas domóticos como atractivo innovador. Se muestra que este sistema está siendo más empleado por los diversos beneficios que presenta.

Además, en la ciudad de Lima, se observa proyectos de edificaciones multifamiliares que tengan este sistema. Un ejemplo de ello son los proyectos de la empresa *Smart House* (2019a). Actualmente, presenta 15 proyectos de edificios multifamiliares y 9 unifamiliar registrados.

Con respecto a los últimos mencionados, según *Smart House* (2019b) el uso más común en sus proyectos unifamiliares es el control de iluminación. Esto es posible mediante un sistema de luces y persianas inteligentes que controlan el nivel de iluminación en función de luz natural o la necesidad. Esto se observa en la Figura 6, la cual pertenece a un departamento en el distrito de Miraflores, Lima, Perú. Finalmente, el control de climatización es otro uso y, para lograrlo, se emplea un sistema de aire acondicionado automatizado.

**Figura 6.**

*Proyecto de departamento en el distrito de Miraflores, Lima.*



*Nota. Tomado por Smart House, 2019.*

## **3.2. Domótica para lograr la eficiencia energética**

### **3.2.1. Aplicaciones en instalaciones eléctricas**

#### **3.2.1.1. Iluminación**

En la Figura 2. “Participación de consumo eléctrico de electrodomésticos del sector residencial”, se observa que la iluminación representa el 10% del consumo KW/h mensual en el sector residencial. Por ello, es importante la aplicación de herramientas que permitan un control y reducción del gasto energético en la utilización del alumbrado.

Si bien una arquitectura sustentable tiene un gran aporte en el aprovechamiento de la iluminación natural, lo que se ve traducido en un ahorro energético y económico considerable, muchas viviendas ya construidas o en vías de ejecución no cuentan con un diseño sustentable. Por lo mencionado anteriormente, la domótica juega un papel importante en la gestión de la iluminación artificial y el aprovechamiento de la iluminación natural. Incluso en viviendas con arquitectura sustentable, la domótica complementa el diseño y otorga un mayor control sobre

el uso y gestión de la iluminación. Además, la automatización de la iluminación y la posibilidad de controlar desde un solo dispositivo la iluminación de toda la vivienda, otorga confort a los usuarios.

A continuación, se comentarán algunas aplicaciones de la domótica enfocadas en la iluminación:

- **Sistemas de iluminación eficiente**

Propone el control del encendido y apagado de forma parcial o total del sistema de iluminación de la vivienda de forma autónoma o controlada desde un dispositivo. Asimismo, permite regular el nivel de luminosidad de cada ambiente de acuerdo con la luz solar, zona de la casa, presencia de personas y la necesidad del usuario siendo totalmente personalizable por el mismo. Además, el sistema de iluminación puede activarse y desactivarse de acuerdo con la detección de presencia de personas garantizando la utilización de la iluminación donde se requiera. Por último, existen otros sistemas de la vivienda con los que se puede complementar la iluminación como son los sistemas de garaje, las alarmas de seguridad, encendido u apagado temporizado, entre otros.

- **Control automático inteligente de toldos, persianas y cortinas de vivienda**

Permite el control de persianas, toldos, cortinas a través de dispositivos conectados a la red eléctrica para aprovechar la luz natural o brindar privacidad a los ambientes de la vivienda de acuerdo con las necesidades del usuario. Estos dispositivos pueden ser manejados desde un control o programados para su funcionamiento en determinado momento del día; por ejemplo, la apertura de las persianas de las habitaciones cuando suena el despertador.

### 3.2.1.2. Climatización

A la par que la tecnología avanza, se profundiza la necesidad de incrementar los niveles de confort y/o climatización dentro de las edificaciones (Nielsen et al., 2011). Dichos equipos del sistema de climatización en edificios residenciales suponen un alto gasto energético. En el artículo “Eficiencia energética en edificios y climatización eficiente” (Arnabat, 2015), la En el artículo “Eficiencia energética en edificios y climatización eficiente” (Arnabat, 2015)En el artículo “Eficiencia energética en edificios y climatización eficiente” (Arnabat, 2015), la climatización en una vivienda estándar consume el 45% de energía y el 39% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. En particular, los sistemas de automatización en los edificios tienen como objetivo incrementar el rendimiento energético y, paralelamente, garantizar el confort interior (Bisegna et al., 2016).

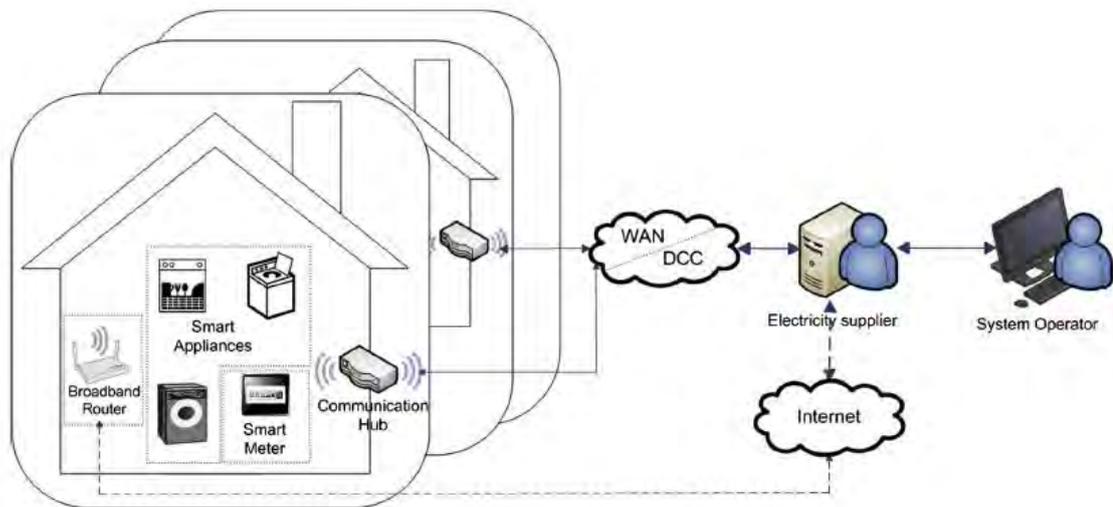
En efecto, la mejora en el confort ambiental en un edificio automatizado supone un adecuado control de la temperatura, humedad y calidad de aire interior a través de los equipos de climatización. Conforme a Sarasúa (2011), por medio de la instalación de una estación meteorológica adecuada a una vivienda es posible recibir datos de la temperatura, dirección del viento y humedad en el exterior para posteriormente activar las medidas necesarias. Con ello, el sistema domótico utiliza una serie de algoritmos de optimización controlando los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), ventanas, y persianas (Buoro et al., 2012). Es decir, si el sistema detecta una reducción considerable de la temperatura, se activa el sistema de calefacción o apaga el aire acondicionado. Además, con la automatización es posible programar las persianas, toldos y ventanas en función de las condiciones ambientales (Sarasúa Loboguerrero, 2011); por consiguiente, es posible optimizar el aprovechamiento de la ventilación natural y de la energía solar, y reducir el consumo energético al mismo tiempo.

### 3.2.1.3. Electrodomésticos

Los dispositivos inteligentes son capaces de comunicarse con la red eléctrica con el fin de cambiar el uso energético propio y apagarse durante las horas picos de consumo (Gómez et al., 2018). En Países Bajos, se realizó un estudio para evaluar el efecto del uso real de electrodomésticos inteligentes en los cambios de demanda de energía eléctrica. Para ello, los hogares recibieron una lavadora inteligente, una tarifa dinámica y un sistema de gestión energética. La conexión se realizó por medio de red de sensores inalámbricos, instalada con el protocolo ZigBee®. El resultado fue los hogares con automatización doméstica eran más propensos a cambiar su hábito de consumo, lo cual se mantuvo estable durante el tiempo que duró el estudio (Kobus et al., 2015).

El impacto de la utilización de electrodomésticos inteligentes puede ir más allá de un ahorro en las facturas de un hogar. Ante la creciente demanda de energía, se está planteando la implementación de redes inteligentes o *smart grids*. Ello “hace referencia a un sistema integrado por los elementos del sistema eléctrico tradicional: generación, transmisión, distribución y comercialización de la electricidad, más un sistema de comunicaciones” (Universidad Nacional Autónoma de México, párr. 4). Con este sistema, se hace posible la reparación automática de fallas en la red eléctrica, evitando cortes de luz prolongados. En el Reino Unido, se ha evaluado la capacidad de los electrodomésticos inteligentes para proveer reservas energéticas cuando estos están conectados a la red inteligente mediante un puerto o *hub* de comunicación (Nistor et al., 2015). La siguiente figura representa un esquema del entorno de trabajo para la participación de la respuesta de demanda residencial en los servicios de equilibrio del sistema de energía eléctrica.

**Figura 7.**  
Entorno de trabajo de la red inteligente



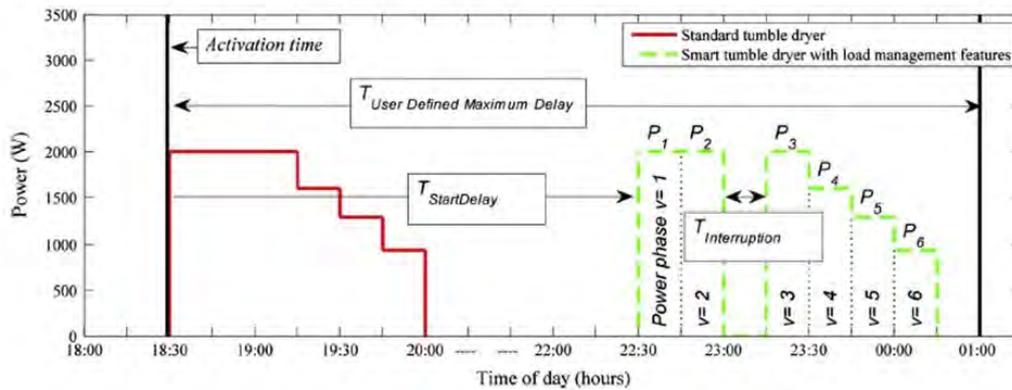
*Nota.* Tomado de “Capability of smart appliances to provide reserve services”, por Nistor et al., 2015

El estudio se enfocó, específicamente, en lavadoras, secadoras de tambor y lavaplatos. Esta elección responde a que estos aparatos pueden ser encontrados en una gran cantidad de los hogares británicos (95%, 28% y 53%, respectivamente). Además, la aceptación de una versión inteligente de estos aparatos es mayoritaria (95%, 91% y 92%, respectivamente). Ello permite que la automatización genere un impacto mínimo en la comodidad de los usuarios (Nistor et al., 2015).

Los dispositivos cuentan con funciones de inicio inteligente e interrupción de ciclos, mediante las cuales se regula su funcionamiento en respuesta a información enviada por el proveedor de electricidad. Este último puede mantener comunicación con el hogar mediante el internet y un *router*. En la siguiente figura, en un ejemplo comparativo con una secadora estándar, se observa que el encendido de una secadora inteligente ha sido retrasado varias horas hacia la noche para evitar las horas pico de consumo. Este retraso no es indefinido, sino que depende del retraso máximo configurado por el usuario. Asimismo, se ha activado la función de interrupción de ciclos o fases, que son periodos durante los cuales se lleva a cabo una serie de procesos con un consumo aproximadamente constante. Finalizado el estudio, la conclusión

más relevante fue que, con una presencia del 20% de aparatos inteligentes, se puede alcanzar hasta un 54% de los requerimientos de reserva del sistema energético de Gran Bretaña (Nistor et al., 2015).

**Figura 8.**  
*Perfil de carga de una secadora de tambor inteligente*



*Nota.* Tomado de “Capability of smart appliances to provide reserve services”, por Nistor et al., 2015

### 3.2.2. Comparación con viviendas convencionales

Uno de los beneficios de la domótica es la reducción del consumo de energía; por ello, se comentará los resultados de dos investigaciones donde se evidencian lo mencionado. Gómez (2019), realizó un estudio de aplicación de la domótica donde utilizó el software (Arduino Nighthly) y hardware libre, en un departamento con 3 habitaciones, una sala-comedor, 2 baños y una cocina para una familia de 5 personas (3 adultos y 2 niños), se obtuvo los resultados presentados en la tabla 3.

**Tabla 3.***Resultados de consumo después de la implementación*

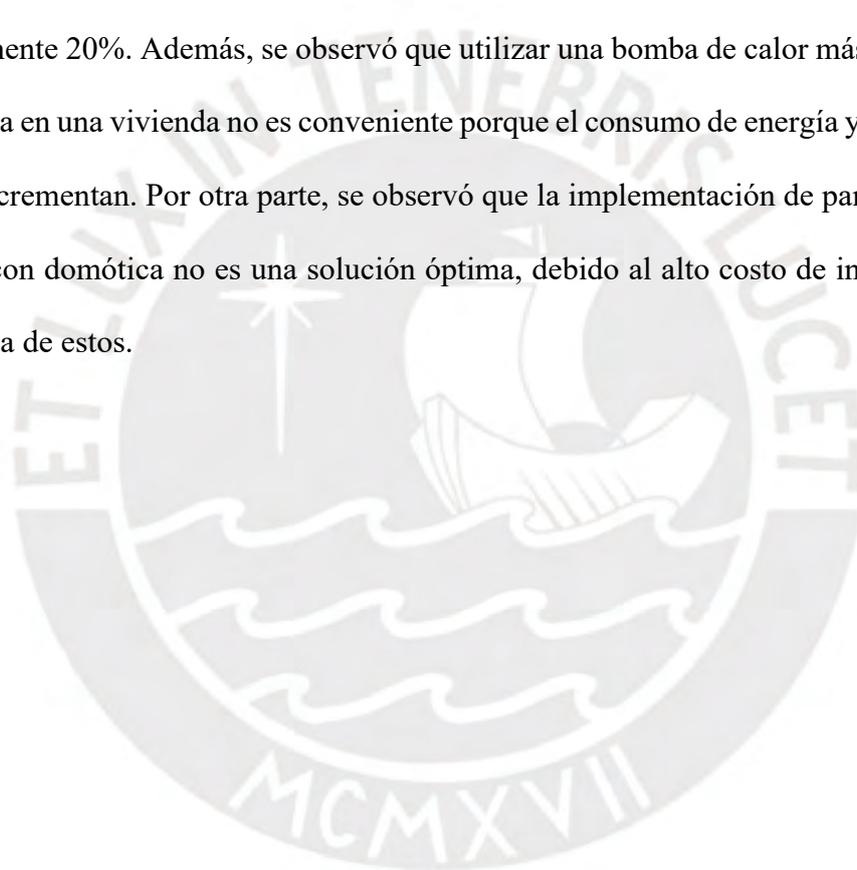
| <b>Descripción</b>     | <b>Potencia en W</b> | <b>Horas energía al mes</b> | <b>Mensual en Kw/h</b> | <b>% de consumo mensual</b> |
|------------------------|----------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|
| <b>Ducha eléctrica</b> | 4400                 | 1.5                         | 6.6                    | 2%                          |
| <b>Secadora</b>        | 2300                 | 1.5                         | 3.15                   | 1%                          |
| <b>Lavadora</b>        | 2200                 | 10                          | 22                     | 5%                          |
| <b>Nevera</b>          | 300                  | 600                         | 180                    | 43%                         |
| <b>Plancha</b>         | 1000                 | 15                          | 15                     | 4%                          |
| <b>Iluminación</b>     | 500                  | 180                         | 90                     | 21%                         |
| <b>Computador</b>      | 400                  | 120                         | 48                     | 11%                         |
| <b>Licuada</b>         | 300                  | 1.5                         | 0.45                   | 0%                          |
| <b>Televisores</b>     | 300                  | 180                         | 54                     | 13%                         |
| <b>Juegos de vídeo</b> | 30                   | 40                          | 1.2                    | 0%                          |
| <b>DVD</b>             | 20                   | 24                          | 0.48                   | 0%                          |
| <b>Otros</b>           | 20                   | 5                           | 0.1                    | 0%                          |
| <b>Consumo Total</b>   | 11770                |                             | 421.28                 | 100%                        |

Tomado de *Gestión de los recursos domiciliarios desde la utilización de software y hardware libre*, por Gómez, 2019.

En la Tabla 3, se observa los resultados luego de implementar la domótica durante 3 meses aproximadamente, se ahorró en un 26.8% y 11.4% en el consumo de energía y agua en el departamento. Estos valores fueron registrados con el software utilizado y fue almacenado en una base datos. El valor agregado en esta implementación es la base datos que se registra a través de internet, lo que posteriormente ayudara al envío de mensajes o alertas a los consumidores de tal manera que se evite un mayor gasto energético. Además, permite que el usuario identifique en que día u hora el consumo es elevado y que aparatos son los que marcan

estos valores en este caso de estudio se identificó que la refrigeradora es el aparato que mayor consumo de energía tiene.

En el segundo caso, Buoro, Casisi, Pinamonti y Reini (2012) realizaron una investigación donde se comparó el consumo de energía en dos casas en Italia una casa estándar y la otra implementada con la domótica, además de la implementación de estrategias de ahorro energético. Los resultados obtenidos evidenciaron la optimización de energía con el uso de la domótica. Tal es el caso que con el uso de la domótica se redujo el costo anual en aproximadamente 20%. Además, se observó que utilizar una bomba de calor más la aplicación de la domótica en una vivienda no es conveniente porque el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> se incrementan. Por otra parte, se observó que la implementación de paneles térmicos en una casa con domótica no es una solución óptima, debido al alto costo de inversión y a la baja eficiencia de estos.



## Capítulo 4. Conclusiones y recomendaciones

### 4.1. Conclusiones

En base a la información expuesta en los capítulos 1 al 3, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

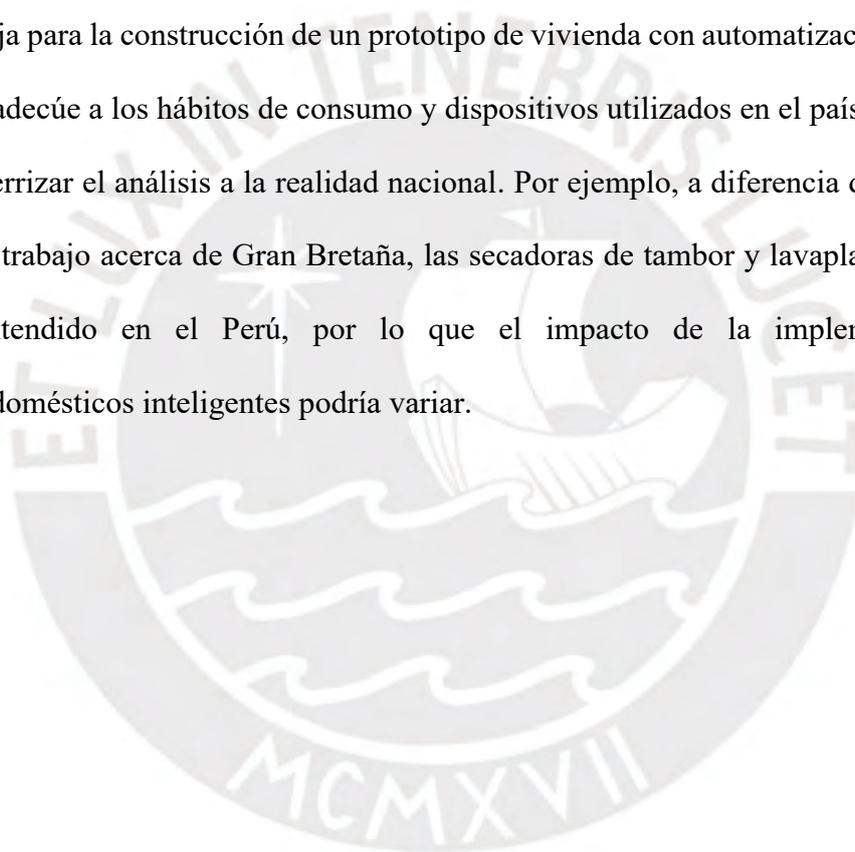
- El sistema domótico en residenciales hace posible el ahorro de energía eléctrica, lo que significa un ahorro económico mensual y, además, aporta en la disminución la huella de carbono que produce este sector.
- La domótica podría ser usado como herramienta para mejorar la calidad de vida de las personas con limitación motriz, visual, cognitiva o de tercera edad, debido a que los sistemas de iluminación, temperatura y electrodomésticos pueden ser comandados por voz, *smartphone* o *tablet*.
- La domótica puede ser complementada con energías renovables (solar, eólica, etc) con la finalidad de aumentar la eficiencia energética en residenciales. Además, puede complementarse con tecnologías para dar un mayor confort a las viviendas como es el caso automatizar las instalaciones de los suelos radiantes.
- El avance de la tecnología en los equipos de iluminación o electrodomésticos ha logrado evolucionar en búsqueda de una mayor eficiencia energética. A pesar de tener estos grandes beneficios por parte de los desarrollos tecnológicos, los usuarios siguen sin saber gestionar de forma eficiente los recursos energéticos de los que disponen. Debido a ello, la domótica es el siguiente paso para lograr una mejor gestión energética y disminuir su consumo. En un futuro no muy lejano, la domótica formará parte de las viviendas como una instalación convencional. Su implementación se realizará a medida que aumente su popularidad en el país, los precios se vuelvan más accesibles y se creen normativas para su uso.

- El uso de electrodomésticos inteligentes no solo genera un ahorro en las facturas de electricidad, sino que, conectados a una red inteligente o *smart grid* también puede significar un gran aporte a las reservas del sistema energético. Ello evita que la demanda en las horas pico de consumo no supere a la oferta, disminuyendo la probabilidad de falla de la red y de ocurrencia de apagones. En ese sentido, se reduce la necesidad de construir más centrales de generación de energía eléctrica, lo cual es beneficioso para el medio ambiente.
- En los últimos años se ha incrementado el consumo de energía eléctrica, por lo que es importante buscar alternativas eficientes que garanticen el ahorro de energía y económico, por ello la implementación de la domótica es una solución que debe ser evaluada en cada vivienda.

#### 4.2. Recomendaciones

- Se recomienda revisar de forma técnica los diversos sistemas domóticos, protocolos, forma de transmisión de información, entre otros aspectos con la finalidad de encontrar la tecnología domótica más conveniente de acuerdo a las necesidades de los usuarios en la realidad de Perú. Esto considerando dos casos de vivienda, una ya existente que se desee adaptar con el sistema domótico, y otra que implemente la automatización desde el diseño.
- Debido al alto costo de la implementación de la domótica, es conveniente realizar un trabajo comparativo en el caso de Perú entre una vivienda que implemente estas tecnologías y una vivienda con instalaciones eléctricas convencionales para determinar los costos de ejecución de la edificación, y los costos de operación y mantenimiento de ambas propuestas a lo largo de su vida útil.

- Como línea de investigación, se sugiere realizar un estudio sobre la implementación de otras herramientas como complemento a la domótica con la finalidad de lograr el aumento de la eficiencia energética y la disminución en el impacto ambiental de los sistemas tradicionales de energía eléctrica.
- Con el objetivo de obtener información más detallada sobre los productos que se ofrecen en el país, es recomendable inscribirse a los cursos cortos que se dicta por parte de la marca Bticino. Puede ser de gran utilidad para alguna investigación posterior más compleja para la construcción de un prototipo de vivienda con automatización doméstica que se adecúe a los hábitos de consumo y dispositivos utilizados en el país. Ello serviría para aterrizar el análisis a la realidad nacional. Por ejemplo, a diferencia de lo expuesto en este trabajo acerca de Gran Bretaña, las secadoras de tambor y lavaplatos no son de uso extendido en el Perú, por lo que el impacto de la implementación de electrodomésticos inteligentes podría variar.



## Referencias

- Andrade, M., Bastidas, R., Benavides, D., & Núñez, A. (2020). Propuesta de prototipo de robot aspiradora de bajo costo y alta tecnología aplicado a procesos de limpieza de baja escala. *Ciencia y Tecnología*, 13(1), 105–112. <https://doi.org/10.18779/cyt.v13i1.358>
- Arnabat, I. (2015). *Eficiencia energética en edificios y climatización eficiente*. Calor y Frio. <https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/casas-pasivas-y-edificios-energia-casi-nulo/climatizacion-eficiencia-energetica.html>
- Bedolla, J., Urzúa, D., Bedolla, S., García, M., & Ramos, L. (2018). El confort y la domótica: una solución inteligente para los espacios habitables y la problemática ambiental. *Revista de La Alta Tecnología y Sociedad*, 10(1), 18–26.
- Bisegna, F., Burattini, C., Manganelli, M., Martirano, L., Mattoni, B., & Parise, L. (2016). Adaptive control for lighting, shading and HVAC systems in near zero energy buildings. In *EEEIC 2016 - International Conference on Environment and Electrical Engineering*. <https://doi.org/10.1109/EEEIC.2016.7555768>
- BTicino-Legrand Perú. (2021a). *Sistema de Automatización BUS/KNX de Bticino-Legrand Perú*. <https://bticino.com.pe/productos/automatizacion-y-domotica/>
- BTicino-Legrand Perú. (2021b). *Sistema de automatización y domótica - MyHOME de Bticino-Legrand Perú*. <https://bticino.com.pe/productos/automatizacion-y-domotica/>
- BTicino-Legrand Perú. (2021c). *Sistemas BTicino de Automatización y Domótica de Bticino-Legrand Perú*. <https://bticino.com.pe/productos/automatizacion-y-domotica/>
- BTicino. (2021). *Automatización y Domótica | BTICINO - Una marca del Grupo Legrand*. <https://bticino.com.pe/productos/automatizacion-y-domotica/>
- Buoro, D., Casisi, M., Pinamonti, P., & Reini, M. (2012). Optimal synthesis and operation of advanced energy supply systems for standard and domotic home. *Energy Conversion and Management*, 60, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.02.008>
- Consortio Corpoema Inicio. (2019). *Evaluación del Impacto del Reglamento Técnico sobre el Etiquetado de Eficiencia Energética para Equipos Energéticos*. <https://www.corpoema.net/web/portfolio/evaluacion-del-impacto-del-reglamento-tecnico-sobre-el-etiquetado-de-eficiencia-energetica-para-equipos-energeticos-en-peru/>
- Gómez, V. A., Hernández, C., & Rivas, E. (2018). Visión General, Características y Funcionalidades de la Red Eléctrica Inteligente (Smart Grid). *Información Tecnológica*, 29(2), 89–102. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000200089>
- Guillén, V., Quesada, F., López, M., Orellana, D., & Serrano, A. (2015). Eficiencia energética en edificaciones residenciales. *Estoa*, 004(007), 59–67. <https://doi.org/10.18537/est.v004.n007.07>
- Guzmán Navarro, F., & Merino Córdoba, S. (2015). *Domótica. Gestión de la energía y gestión técnica de edificios* (Ra-Ma (ed.)).
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2021). *El 50% de la población de 18 y más años de edad tiene alguna cuenta en el sistema financiero*. 9–10. <https://www.inei.gov.pe/prensa/noticias/el-50-de-la-poblacion-de-18-y-mas-anos-de-edad-tiene-alguna-cuenta-en-el-sistema-financiero-12938/>

- International Energy Agency. (2014). *Energy Efficiency Indicators : Fundamentals on Statistics Energy Efficiency Indicators : Fundamentals on Statistics*. 387. <http://www.iea.org/termsandconditionsuseandcopyright/>
- International Energy Agency. (2019). World Energy Outlook 2019. In *World Energy Outlook Series*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/98909c1b-aabc-4797-9926-35307b418cdb/WEO2019-free.pdf>
- J. M. Maestre. (2015). *Domótica para ingenieros* (Paraninfo (ed.)).
- Kobus, C. B. A., Klaassen, E. A. M., Mugge, R., & Schoormans, J. P. L. (2015). A real-life assessment on the effect of smart appliances for shifting households' electricity demand. *Applied Energy*, 147, 335–343. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2015.01.073>
- López, C., Espinoza, M., & Barrientos, A. (2015). Implementación de una solución de domótica basado en las mejores soluciones y prácticas del mercado actual. *Sinergia e Innovación*, 3(1), 88–120. <https://doi.org/10.19083/sinergia.2015.409>
- Ministerio de Energía y Minas. (2019). Balance Nacional de la Energía 2019. *Balance Nacional de Energía*, 1. [http://www.minem.gob.pe/\\_publicacion.php?idSector=12&idPublicacion=633](http://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=12&idPublicacion=633)
- Nielsen, M. V., Svendsen, S., & Jensen, L. B. (2011). Quantifying the potential of automated dynamic solar shading in office buildings through integrated simulations of energy and daylight. *Solar Energy*, 85(5), 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.01.010>
- Nistor, S., Wu, J., Sooriyabandara, M., & Ekanayake, J. (2015). Capability of smart appliances to provide reserve services. *Applied Energy*, 138, 590–597. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.09.011>
- Núñez, A. (2012). *Domótica e Inmótica KNX Guía práctica para el instalador* (Ediciones Experiencia (ed.)).
- Organización Latinoamericana de Energía [OLADE], World Wildlife Fund [WWF], & INTI consultora. (2016). Cambio Climático y su impacto en el sector energético. *Cambia La Energía, Cambia El Clima: Cambio Climático y Su Impacto En El Sector Energético*, 20. <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0357.pdf>
- Pontificia Universidad Católica del Perú. (n.d.). *Repositorio Institucional de la PUCP*.
- Rodríguez, Y., Gutiérrez, A., & Fernández, A. (2018). Sistema de calentamiento por inducción aplicado a la cocción. *Revista de Ingeniería Energética*, 39(2), 91–99. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012018000200005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012018000200005)
- Sarasúa Loboguerrero, J. C. (2011). Domótica. Un Factor Importante Para La Arquitectura Sostenible. *Módulo Arquitectura Cuc*, 10(1), 267–277. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/moduloarquitecturacuc/article/view/141>
- Smart House Perú. (2019a). *Proyectos Smart House*. <http://www.smarthouseperu.com/obras/>
- Smart House Perú. (2019b). *Residencial*. <http://www.smarthouseperu.com/proyecto-residencial/>
- Torres, J., Vázquez, J., Castillo, F., Contreras, E., Urzúa, R., & Beltrán, G. (2014). Ahorro de energía en aplicaciones electronicas de la domótica. *Programación Matemática y Software*, 6(2), 1–9. <http://www.progmat.uaem.mx:8080/Vol6num2/vol6num2art1.pdf>

- Torres, Y. (2020). La eficiencia energética y ahorro de energía residencial. *South Sustainability*, 1, 1–4. <https://doi.org/10.21142/ss-0101-2020-011>
- Universidad Nacional Autónoma de México. (n.d.). *¿Qué son las redes eléctricas inteligentes?* - *Ciencia UNAM*. <http://ciencia.unam.mx/leer/680/-que-son-las-redes-electricas-inteligentes->
- Zellweger, H., & Martínez, C. (2012). *Gestión de RAEE en el Perú. Diagnostico de Electrodomésticos: Neveras, Lavadoras y Televisores*. <https://docplayer.es/16659348-Diagnostico-de-electrodomesticos.html>

