

Propuesta de un sistema de control, monitoreo y asistencia para optimización de recursos energéticos en el hogar

Leandro Espino Espino¹, Yotziri Paloma Pérez Ríos¹, Edgar Gonzalo Cossio Franco²

¹Espinoleandroo,
México

²Universidad del Valle de Atemajac,
México

{espinoleandroo, ypelekai}@gmail.com,
edgar.cossio@univa.mx

Resumen. Este artículo presenta el proceso llevado a cabo para generar la propuesta de un sistema el cual contará con una aplicación móvil multiplataforma para el control y monitoreo de recursos del hogar, como lo son el agua potable, energía eléctrica, gas LP y la temperatura con humedad del aire; en conjunto con una red neuronal para la generación de tips para la optimización del consumo de estos recursos energéticos del hogar; dicho algoritmo se encontrará en una plataforma online acompañado de la base de datos, la cual contendrá todos los registros de los sensores del hogar, y de una API REST mediante la cual se podrá tener acceso al sistema desde cualquier lugar, siempre y cuando se cuente con una conexión a internet.

Palabras clave: IoT, Esp 32, Redes Neuronales, API REST, Aplicación Móvil.

Proposal for a Control, Monitoring and Assistance System for Optimization of Energy Resources at Home

Abstract. This article presents the process carried out to generate the proposal of a system which will have a multiplatform mobile application for the control and monitoring of household resources, such as drinking water, electricity, LP gas and temperature with humidity from air in conjunction with a neural network for the generation of tips for optimizing the consumption of these energy resources in the home. This algorithm is present on an online platform accompanied by the database, which contains all the records of the home sensors, and a REST API

through which the system can be accessed from anywhere, as long as it is counted with an internet connection.

Keywords: IoT, Esp 32, Neural Networks, REST API, Mobile Application.

1. Introducción

Los sistemas de domótica con inteligencia artificial aplicada es una tecnología de tendencias actual y futura, en el mercado que hace que la vida sea más simple y fácil de controlar. La automatización del hogar se puede definir como la eliminación de la interacción humana [2].

El Internet es una de las creaciones más importantes de la humanidad para la comunicación y ahora se debe tomar en cuenta el crecimiento que ha tenido el Internet de las cosas (IoT) con una gran cantidad de proyectos con un sin fin de funcionalidad, aunado a este crecimiento también se tiene el exponencial aumento del uso de smartphones y tablets el cual se elevó a 12.5 mil millones en 2010 el número de dispositivos conectados a internet, esto significa que desde el 2010 existen más dispositivos conectados a internet que personas, ya que en ese año la población mundial era de 6.8 mil millones [11]. Y a medida que Internet de las cosas crezca en los próximos años, más dispositivos se unirán a la lista de dispositivos conectados [2].

Con base en ello, los teléfonos móviles son la tecnología más popular utilizada principalmente hoy en día como herramienta de comunicación; puede desempeñar un papel importante en las casas inteligentes [3, 6]. Actualmente se presta bastante atención al teléfono móvil invirtiendo una gran cantidad de tiempo en el uso de aplicaciones. Las personas en promedio invierten 3 horas con 40 minutos diarios por usuario [15], en resumen, al final del día las Personas y Objetos interactúan entre sí mediante Procesos, generando Datos, cubriendo los pilares de IoT.

En la actualidad, cada organización está dedicando su I+D (Unidad de Investigación y Desarrollo) hacia IoT [8] y al empleo del cómputo en la nube, lo que se define como un modelo que permite, el acceso bajo demanda a redes ubicuas para compartir un conjunto configurable de recursos de computación, dichos servicios virtuales son actualmente escalados masivamente y manejados como recursos agrupados que son configurados continuamente. [12]

Considerando además que la seguridad y la comodidad son factores que las personas buscan en un sistema de IoT [17], es necesario hacer necesario la implementación de al menos una computadora para realizar un control y monitoreo de eventos de manera inteligente [4]. Una alternativa bastante efectiva es el empleo de IA (Inteligencia Artificial) debido a que una colección de programación potente y rigurosa [1], ideal en la toma de decisiones de manera autónoma en el sistema de IoT [9, 10, 13]. Específicamente la utilización de redes neuronales coadyuva al desempeño del sistema debido a que son modelos computacionales, paralelos, compuestos de unidades procesadoras y adaptativas con una alta interconexión entre ellas si se emplea más de una [19].

1.1. Antecedentes

En el proyecto HAUAR: Home Automation Using Action Recognition [7] los autores desarrollan sistemas de automatización y monitoreo del hogar en el día a día.

En el proyecto se logra la automatización implementando módulos de sensores y cámaras de video; integrándolos a una red local con una raspberry pi donde el algoritmo HAUAR con gran eficiencia opera electrodomésticos sin intervención de humanos, solamente con el puro reconocimiento de imagen para conocer la acción que realiza la persona.

En otra perspectiva de la automatización del hogar en el trabajo de investigación Development of IoT Monitoring Device and Prediction of Daily Life Behavior [13] los autores proponen un sistema de monitoreo de una persona dentro de una habitación, mediante sensores generan datos para posteriormente analizarlos y predecir el comportamiento de la persona. Utilizando dos algoritmos de aprendizaje automático SVM (Vector de soporte Machine) y LSTM (memoria a largo plazo) para predecir el comportamiento de la persona. En suma, a su trabajo realizado, los autores resaltan lo costoso que es implementar un hogar inteligente, por ello su sistema es económico.

2. Problemática

Con base en el estudio realizado en el presente trabajo, mediante el análisis de resultados del instrumento mostrado en la sección 5.1 se obtiene que la mayoría de las personas han escuchado en algún momento el término de automatización del hogar, y tal vez sin tener un amplio conocimiento en lo que con lleva la automatización, les interesa implementarla, con un sin fin de funcionalidades, puesto que en cada hogar existen distintas necesidades por cubrir. Un sector de la población está interesado en tener un control de seguridad de su casa, otro sector del público se preocupa más por el ahorro de recursos energéticos y un tercer sector lo implementaría simplemente por comodidad.

Por tanto, se deduce que una tercera parte de las personas están interesadas en la automatización de sus hogares con la finalidad de reducir el consumo de recursos energéticos según el estudio realizado [17]. En suma, la problemática radica, en que hoy en día una tercera parte de la contaminación mundial proviene de procesos para la generación de energía eléctrica [18] lo cual ha generado la búsqueda de nuevas fuentes de energías renovables, así mismo la generación de conciencia en las personas, con respecto a la contaminación, orienta a la población a buscar la manera de reducir el consumo de energía.

Agregado a ello, el hecho de que en los últimos años se han desarrollado una enorme cantidad de proyectos en el área de IoT, sin embargo, partiendo de esos proyectos, los que están más centrados en la automatización, muchos de ellos no cubren un factor importante, tener acceso a los datos desde cualquier lugar, en su mayoría requieren que la persona se encuentre en mismo sitio de la automatización para contar con acceso a la red en la cual se ejecuta las acciones. Esto último, repercute en el tercer sector del público en el estudio realizado, público el cual busca la automatización de su hogar por comodidad.

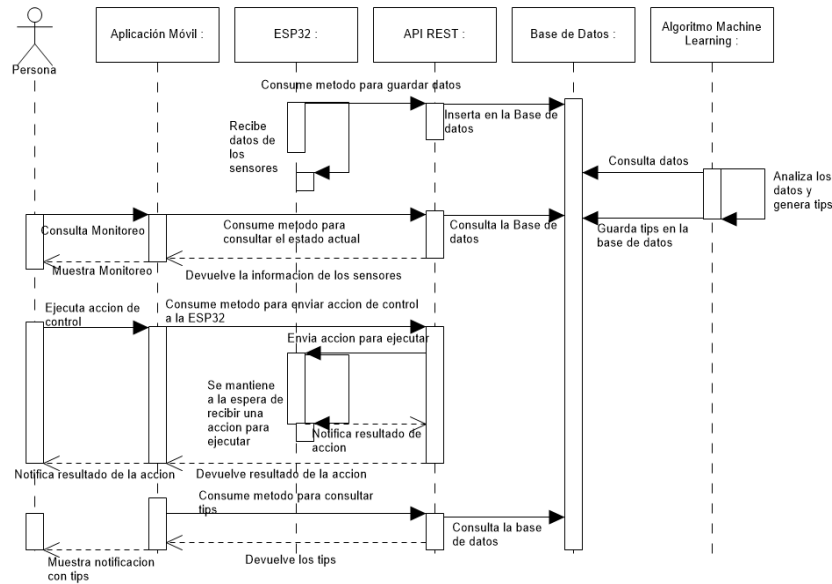


Fig. 1. Diagrama de secuencia del proceso de propuesta o del sistema.

3. Propuesta

La presente investigación propone una plataforma mediante la cual ciertos controles de la casa se comunican. El usuario asiste a todas las funciones de IoT mediante el control de una aplicación móvil multiplataforma, es decir, la aplicación se podrá ejecutar en los sistemas operativos Android y IOS a partir de sus versiones 4.1 y 8 respectivamente [16] y toda la información relacionada se envía a la nube.

Es de vital importancia mencionar que el diseño del sistema no solo utiliza tecnología IoT sino también la función de inteligencia artificial para predicciones implementando la técnica de aprendizaje profundo gated recurrent unit (GRU) y la nube.

Las predicciones se pueden hacer a través de un motor predictivo que a su vez se puede utilizar en un futuro próximo. Para su realización se propone emplear GRU que es un algoritmo de IA supervisada. Este proyecto se puede utilizar como un sistema de recomendación para las personas mayores y las personas con discapacidad física que no pudieran hacer su trabajo de manera independiente y fácil.

La intención es que mediante la recolección de datos recabados a través de la interacción con la aplicación se realicen un módulo de tips o recomendaciones en el móvil que ofrezca información a futuro para la mejora en la toma de decisiones del usuario sobre el consumo de recursos que tenga agregados en el sistema central.

Con esta ventaja, las personas obtienen un asistente para administrar el hogar y sus necesidades. Además de que emplea tecnología de comunicación inalámbrica que proporciona acceso remoto desde tableta o teléfono inteligente.

Requerimientos	Análisis del Sistema	Aprendizaje y Capacitación	Desarrollo del Diseño
<p>Educción de requerimientos</p> <p>Especificación de requerimientos</p>	<p>Desarrollo de alternativas</p> <p>Selección de componentes del sistema</p>	<p>Indagación de tecnologías existentes</p> <p>Conocimiento de la tecnología seleccionada</p>	<p>Creación del paquete de datos técnicos</p> <p>Diseño y modelado de base de datos</p> <p>Diseño de interfaz del sistema</p> <p>Diseño del plan de pruebas</p>
Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4

Fig. 2. Fases del proceso.

4. Metodología

“Una actividad busca lograr un objetivo amplio y se desarrolla sin importar el dominio de la aplicación, tamaño del proyecto, complejidad del esfuerzo o grado de rigor con el que se usará la ingeniería de software.” [5]. Para este proceso se realizarán distintas actividades por fases con la finalidad de tener un control de proceso, a continuación, se presenta una descripción general de dichas actividades en la Fig. 2.

2.1. Requerimientos

Educción de requerimientos: El verbo educir se define como sacar una cosa de otra y se ha adoptado por la dificultad que supone identificar los requisitos de un sistema de información. En este proyecto la educación de requisitos se realizó mediante una técnica simple, encuestas al público en general.

La encuesta se realizó mediante la plataforma de Google Forms y se compartió a los conocidos de los autores, la población total a la que se aplicó la encuesta fue de 120 personas; las preguntas realizadas fueron 10 preguntas de opción múltiple y una pregunta abierta, las cuales se enlistan en la sección de resultados con sus respectivos resultados.

Especificación de requerimientos: Esta etapa es en la cual se aterriza toda la información obtenida de las encuestas en requerimientos técnicos, para realizar la especificación se implementará un Listado de Requerimientos el cual se presenta en la sesión de resultados utilizando los Tags: Sistema, Función, Definición, Interfaz, Software, Hardware y Comunicación.

Al realizar un análisis de las respuestas de la encuesta, se deduce que las personas buscan el control de la automatización de su hogar en su Smartphone, tal como lo indica la gráfica de la pregunta #4, es por ello que se diseñará el sistema enfocado a una aplicación móvil para el uso de las personas. Por su parte el resultado de la pregunta #7 indica que las personas buscan tener el control y monitoreo de su hogar desde cualquier sitio, sin encontrarse dentro de la casa, por consiguiente, se plantea que la base de datos se encuentre en un servidor en internet para acceder a los datos a través de un API REST desde cualquier lugar donde se cuente con conexión a internet.

Debido a la alta aceptación de la inteligencia artificial por parte de las personas encuestadas, se propone el uso de un sistema de redes neuronales para la generación de tips de ahorro de recursos ya que los encuestados muestran interés por la obtención de tips personalizados acorde al consumo de recursos en el hogar.

3.1. Análisis de sistema

Desarrollo de alternativas: En esta etapa, se analizará el Listado de Requerimientos, y visualizando cada requerimiento como una meta a cumplir se generarán propuestas de solución para cada uno.

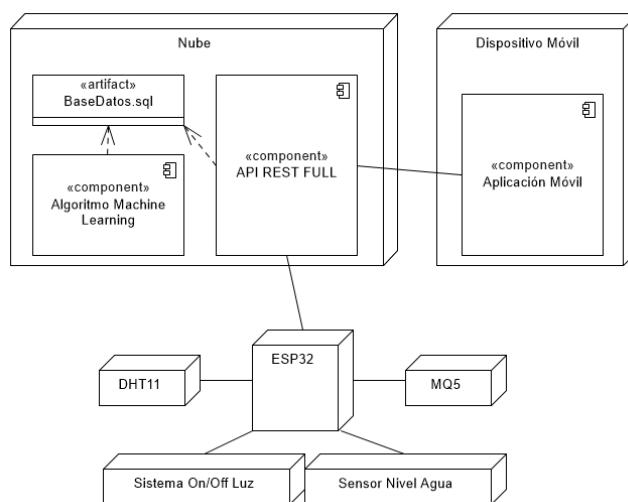


Fig. 3. Arquitectura del sistema.

Tecnología o componente	Descripción
ESP32	El dispositivo cuenta con conectividad de wifi y bluetooth, con un micro-procesador integrado de 32 bits.
DHT11	El sensor permite medir la temperatura y humedad en el aire.
MQ5	Este sensor tiene la finalidad de detectar la presencia de gas LP.
Sensor nivel de agua	Este sensor proporciona el nivel de agua en el contenedor principal de la casa, con este dato se tendrá un historial del nivel de agua.
Sistema ON/OFF de luz	Este sistema nos permitirá poder apagar y encender los focos de la casa desde la aplicación móvil en conjunto con los apagadores convencionales.
GRU	Son un tipo de red neuronal simple y con un gran desempeño trabajando con datos pequeños.
API REST	El API REST se estructura mediante la arquitectura modelo vista controlador introduciendo una capa de servicios. Todo esto con el framework Codeigniter en su versión 3.

Selección de componentes del sistema: El abanico de propuestas generadas será evaluado con los criterios de selección para obtener los componentes que integrarán al sistema.

4.1. Aprendizaje y Capacitación

Indagación de las tecnologías existentes: Se indagará sobre las tendencias tecnológicas que sean de utilidad para el desarrollo del sistema. En esta etapa se consultaron distintas fuentes.

Conocimiento de tecnología seleccionada: Se estudian a fondo las tecnologías seleccionadas en la etapa de Selección de componentes del sistema.

4.2. Desarrollo de diseño

Creación del paquete de datos técnicos: El paquete de datos técnicos contiene, diagramas UML, diccionarios de datos, estándares de codificación y mapas mentales necesarios para la guiar el proceso de desarrollo del sistema.

Diseño y Modelado de la Base de Datos: Mediante técnicas de normalización diseñar la base de datos que satisfaga las necesidades del sistema.

Diseño de interfaces del sistema: Mediante Mockups se diseñarán las interfaces gráficas del sistema en el apartado 5.3 se muestran el prototipo de diseño en la Fig. 4.

Diseño del plan de pruebas: Se diseñó un plan de pruebas con dos objetivos, orientar las pruebas realizadas durante el desarrollo y depuración del sistema, pero principalmente para ser ejecutado en la Fase de Verificación y Validación.

5. Resultados

En la sección de resultados se presentan tablas, gráficas, ilustraciones y diagramas con los distintos productos generados en cada una de las fases de la investigación.

5.1. Gráficas de las respuestas de la encuesta

Pregunta	Resultados
1 ¿Has oído hablar sobre la automatización de hogares (domótica)?	<input type="radio"/> Si: 80% <input type="radio"/> No: 20%
2 ¿Te gustaría implementar un sistema de automatización en tu hogar?	<input type="radio"/> Si: 94.2% <input type="radio"/> No: 5.8%
3 ¿Con qué finalidad implementarías un sistema de automatización en tu casa?	<input type="radio"/> Ahorro energético: 31.1% <input type="radio"/> Comodidad: 31.9% <input type="radio"/> Seguridad: 32%
4 ¿Desde dónde te gustaría tener el control de tu hogar?	<input type="radio"/> Celular: 31.7% <input type="radio"/> Computadora: 0% <input type="radio"/> Ambos: 68.3%
5 ¿Qué importancia tiene para ti, monitorear tu hogar cuando sales de ahí?	<input type="radio"/> De vital importancia: 40% <input type="radio"/> Es importante para mí: 59.2% <input type="radio"/> No me importa: 0.8%

6 ¿En qué situación implementarías un control y monitoreo de hogar?	<ul style="list-style-type: none"> ○ Para estar al tanto del hogar de personas adultas que viven solas: 15% ○ Para estar al tanto de mis hijos cuando salgo de casa: 13.3% ○ Para estar al tanto de mi hogar cuando no estoy: 71.2%
7 ¿Cuál es tu opinión respecto a recibir tips personalizados para ti sobre el ahorro de energía en tu hogar?	<ul style="list-style-type: none"> ○ Me serían muy útiles y los implementaría 61.7% ○ Los considera en cuenta 37.5% ○ Me resultaría indiferente esta información: 0.8%
8 ¿Cuál de los siguientes rubros genera mayor gasto económico en tu hogar?	<ul style="list-style-type: none"> ○ Energía Eléctrica: 61.7% ○ Gas LP: 32.5% ○ Agua potable: 5.8%
9 ¿Consideras útil el monitoreo de consumo de los recursos tales como energía eléctrica, gas LP y agua potable?	<ul style="list-style-type: none"> ○ Si: 94.2% ○ No: 5.8%
10 ¿Cuál es tu opinión respecto a los temas de Inteligencia Artificial y aprendizaje de máquinas?	<ul style="list-style-type: none"> ○ Considero que mejoran nuestras vidas y salvaran miles de ellas: 97.5% ○ Considero que es una amenaza para la humanidad 2.5%

5.2. Listado de requerimientos

Descripción	TAG
El sistema contará con una aplicación móvil, multiplataforma, la cual permitirá al usuario el control y monitoreo de recursos energéticos del hogar.	Sistema
El usuario tendrá acceso al control y monitoreo de su hogar desde cualquier lugar, siempre y cuando cuente con acceso a internet.	Definición
El monitoreo del hogar consistirá en: <ul style="list-style-type: none"> – Temperatura y humedad en el aire. – Presencia de gas LP – Nivel de agua en el depósito principal – Estado (encendido/apagado) de los focos 	Definición
El control del hogar consistirá en el encendido y/o apagado de los focos del hogar.	Definición
La temperatura y humedad en el aire se medirán usando el sensor DHT11.	Hardware
La presencia de gas LP se medirá mediante el sensor MQ5.	Hardware

El nivel de agua dentro del contenedor principal de la casa se medirá usando un sensor de nivel de líquidos.	Hardware
Los sensores se comunicarán a un dispositivo ESP32 para la transmisión de datos.	Hardware
El dispositivo ESP32 deberá transmitir los datos recolectados por los sensores a la base de datos a través del API REST.	Comunicación
La aplicación móvil consultará a la base de datos los datos para el monitoreo a través del API REST	Comunicación
La aplicación móvil publicará en la base de datos las acciones ejecutadas por el control a través del API REST	Comunicación
En el mismo servidor donde se ubique la base de datos, se ubicará el API REST para el acceso a ella, y el sistema de red neuronal	Definición
El sistema de red neuronal se ejecutará como una tarea programada del servidor para realizar un análisis de los datos y generar tips de optimización.	Sistema
Los tips que se generarán serán sobre: <ul style="list-style-type: none"> - consumo de agua potable - consumo de energía eléctrica - prevención de fugas de gas LP 	Definición / Función
El dispositivo ESP32 consultará constantemente la publicación de acciones en la base de datos a través del API REST	Función
El API REST contará con autenticación para las peticiones http	Función
El usuario recibirá una respuesta sobre la ejecución de su acción, para ser notificado si la acción se ejecutó correctamente o no.	Función
El usuario recibirá los tips mediante notificaciones.	Función
La aplicación móvil consultará cada determinado lapso de tiempo la existencia de nuevos tips en la base de datos a través del API REST.	Función
La información mostrada en la sección de monitoreo se actualizará en iteraciones dentro del rango de 20 segundos a 30 segundos.	Función
El dispositivo ESP32 publicará en la base de datos los valores de los sensores en iteraciones dentro del rango de 5 segundos a 10 segundos	Función

5.3. Mockups



Fig. 4. Diseño de la aplicación móvil.

5.4. Plan de pruebas

CP#	Datos de entrada o Acción	Resultado Esperado
CP1	El usuario accede a la sección de control en la aplicación móvil y ejecuta la acción de apagar el foco seleccionado.	Recibe una notificación informando que el foco ha sido apagado. De lo contrario se mostrará una notificación informando que no fue posible apagar el foco.

CP2	El usuario ingresa a la sección de monitoreo en la aplicación móvil.	Visualiza gráficamente en la pantalla: <ul style="list-style-type: none">• Temperatura y humedad en el aire.• Presencia de gas lp• Nivel de agua en el depósito principal• Estado (encendido/apagado) de los focos
CP3	El usuario accede a la sección de control en la aplicación móvil y ejecuta la acción de encender el foco seleccionado.	Recibe una notificación informando que el foco ha sido encendido. De lo contrario se mostrará una notificación informando que no fue posible encender el foco.
CP4	El usuario ingresa a la sección de monitoreo, y manualmente enciende un foco que en el monitoreo se muestra apagado	En un lapso no mayor a 35 segundos el cambio se deberá ver reflejado en la sección de monitoreo de la aplicación móvil

6. Conclusiones

Se considera que la implementación de sistemas complejos que se involucren en la Industria 4.0 son un factor muy importante para impulsar el crecimiento del ecosistema de tecnología en México.

Con base en los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta, se concluye que la sociedad se encuentra abierta totalmente a emplear tecnologías como IA. Por lo tanto, es de vital importancia continuar con el desarrollo del producto con la intención de introducirlo al mercado.

7. Trabajo futuro

A futuro se pretende realizar el prototipo del sistema físico aunado al desarrollo de la aplicación móvil multiplataforma que funcionará como el modelo de recomendaciones proporcionadas por el modelo de predicciones para consulta del usuario.

Además, se contempla la opción de realizar un panel interactivo que podrá ser visualizado en un touchscreen, el cual se encontrará en comunicación con el prototipo del sistema central de monitoreo para mostrar los datos recolectados por los sensores instalados en el hogar. En la Fig. 5 se muestra el proceso a seguir en las siguientes fases del proyecto para darle continuidad a la investigación y de esta manera implementar el diseño de la propuesta.

Implementación del Diseño	Verificación y Validación	Despliegue
Codificación	Ejecución del plan de pruebas	Implementación del sistema
Integración con la base de datos	Análisis de resultados de pruebas	Retroalimentación
Documentación	Seguimiento a errores	Soporte y Mantenimiento
Fase 4	Fase 5	Fase 6

Fig. 5. Fases a concluir en el trabajo futuro.

Referencias

1. Speel, P.H., Schreiber, A.Th., van Joolingen, W., van Heijst, G., Beijer, G.J.: Conceptual modelling for knowledge-based systems. Encyclopedia of Computer Science and Technology, Marce Dekker Inc., New York (2001)
2. Shopan-Dey, A.R., Sandip, D.: Home automation using IOT. IRJET, 2(3), pp. 1965–1970 (2016)
3. Wong, M.C.: A phone-based remote controller for home and office automation. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 40(1), pp. 28–34 (1994)
4. Nieto, J.P.: Detección y diagnóstico de fallas en sistemas eléctricos de potencia combinando una red neuronal autoasociativa y una red neuronal probabilística. Research in Computing Science, 148, pp. 99–112 (2019)
5. Pressman, R.S.: Ingeniería del Software, Un enfoque práctico. McGraw-Hill (2010)
6. Sikandar, M., Khiyal, H., Khan, A.: SMS based wireless home appliance control system (HACS) for automating appliances and security. Issues in Informing Science and Information Technology, 6 (2009)
7. Shashank Kotyan, Nishant Kumar, Pankaj Kumar Sahu, Venkanna Udutalapally: HAUAR: Home Automation Using Action Recognition (2019)
8. Bilgeri, D., Fleisch, E., Wortmann, F.: How to IoT affects multibusiness industrial Companies: IoT organizational archetypes. International Conference on Information Systems (ICIS) (2018)
9. O'Leary, D.E.: Artificial intelligence and big data. IEEE Intell. Syst., 28, pp. 96–99 (2013)
10. Ponsizewska-Maranda, A., Kaczmarek, D.: Selected methods of artificial intelligence for internet of things conception. In: Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS), pp. 1343–1348 (2015)
11. Evans, D.: Internet de las cosas como la próxima evolución de Internet lo cambia todo. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG) (2011)

12. Avila-Mejía, O.: Computación en la nube. Depto. de Ingeniería Eléctrica, UAM-I. (2011)
13. Wilks, Y.: An artificial intelligence approach to machine translation. Stanford University, Department of Computer Science (1972)
14. Maharjan, R., Shiraishi, K., Yamamoto, T., Yamamoto, Y., Ohshima, H.: Development of IoT monitoring device and prediction of daily life behavior. In: Proceedings of the 21st International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services, pp. 584–588. (2019)
15. Grance, M.T.: The NIST definition of cloud computing. National Institute of Standards and Technology, NIST Special Publication, pp. 800–145 (2011)
16. Yi Min Shum: Visible body: Yi Min Shum Xie, situación global mobile 2020 (2020).
17. Leandro et al.: Estudio de opinión sobre uso de IoT en hogares (2020)
18. Pinzón, S.E., Hernández, J.A., Arroyo-Figueroa, G.: Aplicación de modelos auto regresivos para la predicción de generación de energía eléctrica a partir de datos eólicos. *Research in Computing Science*, 139, pp. 47–57 (2017)
19. Serrano, A.J., Soria, E., Martin, J.D.: Redes neuronales artificiales (2019)