

# Plataforma educativa para desarrollo de proyectos con Internet de las Cosas

Rosalino Rodríguez-Calderón, Rubén Belmonte-Izquierdo

**Title— Educational platform for the development of projects using Internet of Things.**

**Abstract— Internet of things (IoT) is a key in the ecosystem called Industry 4.0, where the upcoming engineers will thrive. Therefore, it is important to develop the appropriate skills that current students need in such context. This paper will present an educational platform focused on learning the Internet of things. This platform has the versatility to be used in different courses, in which digital technology or prototypes including IoT are developed. Moreover, the platform allows experiencing different learning spaces in a fast, efficient, and affordable way. The platform is called "IoT Maker Lab" and it has the minimum needed elements that an IoT application requires.**

Two kind of experimentations were developed with this platform, in the first ones the IoT was transversally added to the course activities. In the second ones, the Internet of things was a fundamental part of prototypes that give a solution to current problems. Analyzing the results from the experiments, it is clear that the "IoT Maker Lab" can be used in many mechatronics engineering courses. It can be used from freshman to senior in the undergraduate mechatronics program. It can be implemented in systems that are either simple or complex. Additionally, the platform motivates and provides knowledge to the students.

**Index Terms— Internet of Things, IoT Prototypes, Low-Cost Platform, Logical Systems, Educational Innovation, Higher Education.**

## I. INTRODUCCIÓN

EN la actualidad se pueden observar dispositivos, electrodomésticos y máquinas conectadas a internet, de tal forma que se disponga información sobre ellos en la nube para monitoreo y control en tiempo real [1, 2]. A este desarrollo tecnológico se le conoce como Internet de las cosas (IoT), que es un pilar fundamental de la denominada Industria 4.0 [1].

La industria 4.0 es el ecosistema donde los nuevos ingenieros se desarrollarán, por tanto, se exige que dichos ingenieros cuenten con nuevas competencias y conocimientos tecnológicos para ser competitivos. Motivo por el cual es fundamental que las instituciones de educación integren a la brevedad en la curricula dichos contenidos [2, 3, 4]. Al respecto, algunas compañías ya

están dando pasos en este sentido, capacitando al personal contratado [1].

Actualmente Internet de las Cosas es una de las principales tendencias en tecnología educativa [5], pero por su alto costo es poco usada por los profesores.

En este artículo se expone una versión en extenso del trabajo presentado en [6]. En dicho trabajo se presenta como se constituye la plataforma "IoT Maker Lab", así como su uso en varios cursos de mecatrónica donde se generaron actividades de aprendizaje incorporando la tecnología IoT. Adicional a lo mencionado, en esta versión en extenso se muestra el uso de la plataforma "IoT Maker Lab como elemento fundamental en el desarrollo de tecnología que impacte a uno de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU [7]. También se presenta un estudio del impacto que genera la plataforma en aspectos como motivación, vivencia y el aprendizaje en los alumnos.

## II. ANTECEDENTES

Internet de las cosas (IoT) es una de las tendencias en tecnologías educativas que se visualiza será usada como herramienta de enseñanza para los próximos años y requerida para fortalecer las competencias de los ingenieros que requiere la Industria 4.0 [5]. En este sentido recientemente universidades están diseñado desde material hasta programas académicos completos para preparar a los futuros ingenieros [3, 8]. Además de la construcción de laboratorios de alto costo, como es el caso de la Universidad de Madison-Wisconsin que apuntala en este sentido [5].

En 2015, ACER® anunció el kit "Cloud Professor". Este kit consta de una unidad central, una placa de microcontrolador y modelos con sensores y actuadores. El kit está enfocado a aprender lenguajes de programación como JavaScript, Blockly y LiveCode para completar experimentos simples, previamente definidos con un enfoque de IoT. Sin embargo, es una tecnología cara que solo funciona con módulos Arduino [9]. "WunderBar" es otro kit, este kit consta de un microprocesador y seis módulos con sensores. Los sensores se comunican con el microprocesador a través de Bluetooth. El microprocesador tiene una conexión a Internet a través de Wi-Fi. "WunderBar" se centra principalmente en el diseño y desarrollo de la APP para la gestión de prototipos de IoT [10], pero no se centra en la docencia. "Maker Center" ofrece un kit de inicio, basado en el microchip ESP8266.

Este kit incluye los elementos necesarios para generar 2 proyectos: Detección de intrusos en la habitación y Activación de una lámpara. El objetivo principal es demostrar cómo las cosas pueden interactuar con el uso de Internet de forma demostrativa [11].

Por su parte "IoT Maker Lab" ofrece las siguientes características:

- Versatilidad. Se acopla a la tecnología digital que se esté usando, convirtiendo la aplicación digital convencional en una solución de tipo IoT.
- Fácil de configurar. El usuario no requiere conocimientos avanzados en redes de computadoras.
- Bajo costo y portable.

### III. DESARROLLO DE LA PLATAFORMA "IOT MAKER LAB"

Un sistema IoT se constituye principalmente por sensores-actuadores, controlador lógico, módulo de comunicación a internet (punto de acceso), base de datos (DB) y aplicación computacional [12, 13], como se muestra en la figura 1.

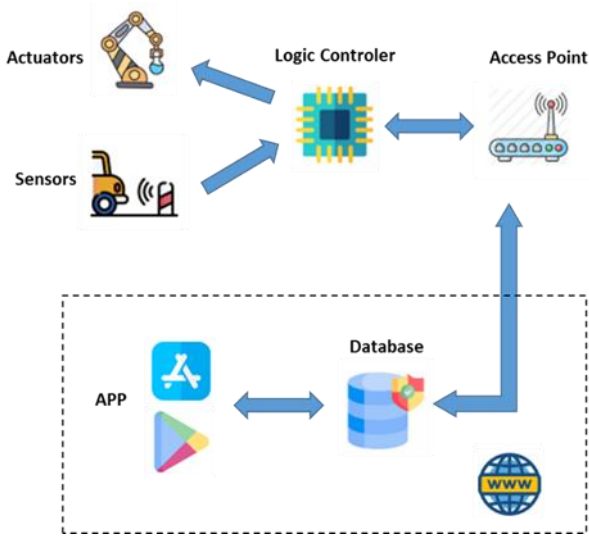


Fig. 1. Elementos de un sistema IoT.

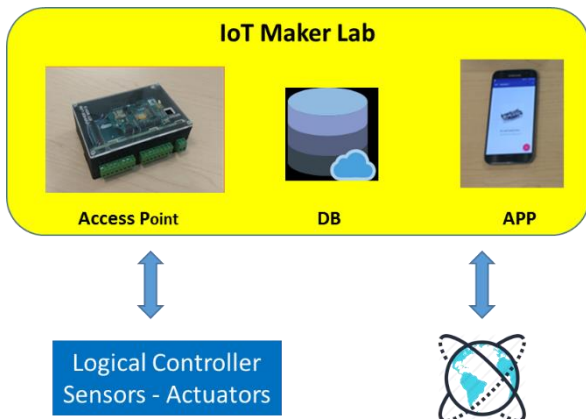


Fig. 2. Elementos de la Plataforma "IoT Maker Lab".

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas (variables de instrumentación) y convertirlas en variables eléctricas. Por su parte, un actuador es un dispositivo capaz de transformar, al recibir una señal de control, en un movimiento mecánico cuya fuente puede ser la energía hidráulica, neumática o eléctrica.

El controlador lógico administra, dirige y regula el comportamiento del sistema, al recibir señales de los sensores y ejecutar acciones a través de los actuadores.

El access point (módulo de comunicación) es un dispositivo de red que sirve de intermediario para permitir la conexión de un dispositivo inalámbrico a la red local.

La base de datos es el conjunto de información digital que recibe y envía al controlador lógico, la cual se almacena para su posterior uso o análisis.

Finalmente, la aplicación móvil (APP) es el software diseñado para ejecutarse en un dispositivo móvil como celular, tableta o reloj inteligente. Dicha aplicación móvil permitirá la visualización y configuración de la información gestionada por el controlador lógico.

La plataforma "IoT maker lab" cubre tres de los cinco componentes: base de datos (DB), comunicación a internet (socket electrónico) y Aplicación computacional (APP), como se puede ver en la figura 2.

#### A. Access Point

El socket electrónico es el punto de conexión a Internet que se constituye por un microcontrolador Arduino® ATmega2560 y un módulo Arduino® WiFi Shield. Estos elementos se integran a un gabinete diseñado en SolidWorks® y construido con manufactura aditiva (impresión 3D), como se muestra en la figura 3. También se observa que el acceso físico a la tecnología por medio de conectores tipo "Plug-in Screw Terminal".

Los componentes del socket se alambran y son previamente configurados con el IDE de Arduino con las instrucciones que permitan tener comunicación entre el socket, la base de datos y la APP. Lo que permite tener interacción entre plataforma "IoT maker Lab" y el controlador lógico con los respectivos sensores-actuadores.

Además, no existe necesidad de generar código, lo anterior para facilitar la implementación de prototipos IoT y que el tiempo de clase sea suficiente para la experimentación del concepto.

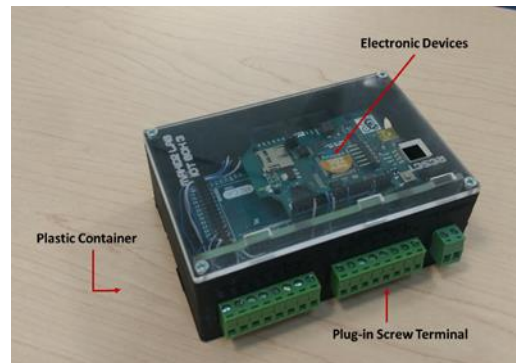


Fig. 3. Socket (Access point).

El socket puede comunicar en ambas direcciones hasta 8 señales digitales y 8 señales analógicas, al mismo tiempo. Con tiempo de latencia máximo de 8 segundos. El socket se alimenta por medio de un eliminador o batería, para dar portabilidad. Una vez alimentado el módulo, desde éste se puede obtener voltaje de 5V, que puede ser usado por el controlador lógico y/o sensores.

### B. Base de datos

La base de datos (BD) es el enlace entre la APP y el punto de acceso. La base de datos recibe la información y la almacena en un campo, el cual se actualiza cada vez que la APP, sensor o actuador cambian de valor. Esto quiere decir que no hay grandes cantidades de información acumulada, es decir, son simples procesos de lectura y escritura. Por lo tanto, no se requiere un procesamiento complejo.

Además, dado que el uso de la plataforma IoT es académico, los usuarios que acceden a la base de datos al mismo tiempo son pocos.

Finalmente, se requiere que la base de datos tenga un tiempo de respuesta corto para tener información rápida sobre las alarmas y / o poder generar acciones de corrección tempranas, según la aplicación.

Para el desarrollo de la base de datos se utilizó el administrador MySQL, que cubre en su totalidad los requisitos técnicos que demanda la plataforma IoT Maker Lab. La base de datos se configura y almacena en un servidor, que es propiedad de un proveedor de servicios de alojamiento web. Además, el código PHP permite el intercambio de información entre la APP y el socket.

### C. Aplicación Móvil APP

El desarrollo de la aplicación computacional APP, se realizó con Android Studio, el cual brinda un conjunto de herramientas que permitieron el diseño y la programación de tal forma que la APP se pueda configurar de acuerdo con las necesidades del experimento, es decir, agregar y/o quitar variables de interés.

Al ejecutar la APP el usuario visualiza un tablero en blanco, donde se agregan las variables a monitorear y controlar en tiempo real, ya sean analógicas y/o digitales.

Posteriormente, desde dicha APP el usuario selecciona el socket con el cual se conectará su prototipo, así como el momento en cual se inicia la comunicación socket-BD-APP. La figura 4 muestra el proceso.

### D. Plataforma IoT

La figura 5 muestra la plataforma IoT propuesta, observándose sus partes físicas fundamentales: la APP y socket. Además de un PIC (microcontrolador lógico) y un actuador en un protoboard, emulando un prototipo completo de tipo Internet de las Cosas.

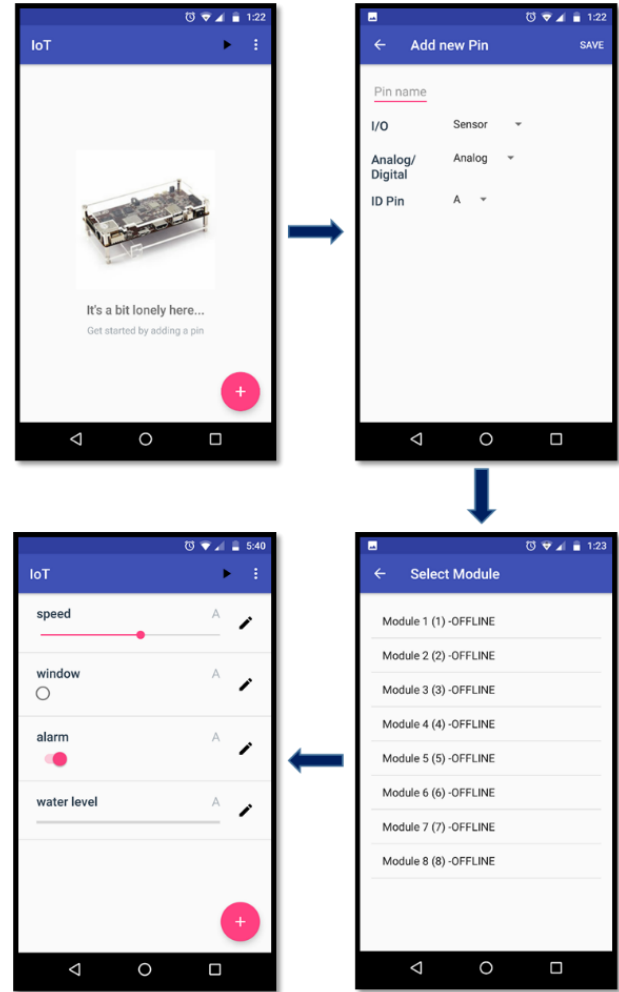


Fig. 4. Proceso de configuración de la APP.

Además de la portabilidad, facilidad de configuración y la capacidad de integrarse con diferentes controladores digitales, "IoT maker Lab" es de bajo costo.

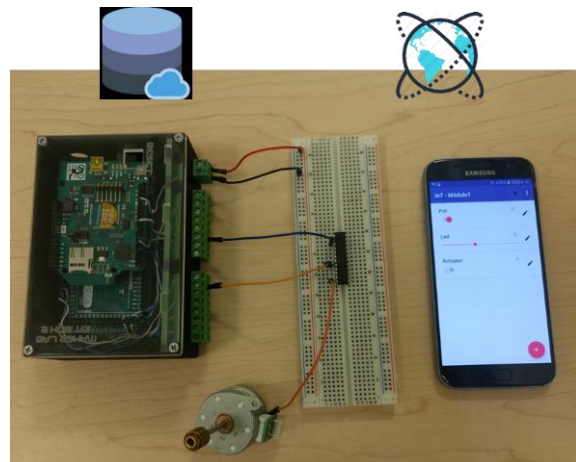


Fig. 5. Sistema completo de IoT utilizando la plataforma "IoT Maker Lab"

TABLA I  
COSTO DE LA PLATAFORMA "IOT MAKER LAB".

Componente	Costo (USD)
Arduino Mega 2560	17
Arduino WiFi Shield Esp8266	8
Gabinete de PLA	5
Terminales tipo Plug-in Screw	5
Eliminador de Batería (9V)	4
<b>Total:</b>	<b>39</b>

TABLA II  
COMPARATIVA DE COSTO ENTRE PLATAFORMAS.

Producto	Costo (USD)
Cloud Professor	264
WunderBar	269
Maker Center	58
Gemalto	111
Mbed Cellular Kit	199
IoT Maker Lab	39

En la tabla I se muestra el costo de la plataforma, mientras que en la tabla II se observa una comparativa con dispositivos comerciales [9, 10, 14]. Observando que la plataforma aquí propuesta es más económica.

#### IV. EXPERIMENTACIÓN

Como caso de estudio se seleccionaron varios cursos donde el objetivo es instruir conocimiento de tecnología digital con el fin de poder incorporar el componente IoT, por medio de la plataforma "IoT maker lab", a las actividades de aprendizaje, así como en proyectos que resolvieran una necesidad específica. Para ello la experimentación se divide en dos etapas.

##### A. Primera Etapa

En esta etapa se incorpora la tecnología IoT como un elemento transversal en actividades propias de los cursos con alumnos de preparatoria y profesional. Dichas actividades se describen a continuación.

**Alumnos de preparatoria.** Se generó un taller práctico de Internet de las Cosas para alumnos del último año, con una duración de 45 minutos. La actividad se dividió en tres partes: conceptos teóricos, uso de la plataforma IoT y desarrollo de prototipos.



Fig. 6. Estudiantes de último grado de preparatoria controlando electrodomésticos con IoT

Los recursos usados fueron: plataforma "IoT Maker Lab", relevadores y electrodomésticos.

Al finalizar el taller los alumnos aplicaron los conceptos básicos de IoT, usaron y configuraron la APP logrando controlar elementos que encontramos comúnmente en casa como: lámpara, cafetera, ventilador y licuadora. La figura 6 ilustra lo antes expuesto, además de mostrar que dichos experimentos se realizaron en un salón de clase tradicional. También es importante recalcar que la duración del taller es menor al que se tendría en una sesión de clase. Demostrando portabilidad y facilidad de uso.

**Informática Industrial.** Es un curso del segundo semestre de la carrera de Ingeniero en Mecatrónica, en el cual se desarrolla un control de temperatura de lazo abierto, donde se monitorea, de manera remota con la APP, la temperatura y dependiendo del valor visualizado el usuario realiza acción de control en tiempo real con apoyo de la APP. La plataforma "IoT Maker Lab", sensor de temperatura (potenciómetro) y elemento calefactor (foco) fueron los dispositivos que constituyeron el prototipo IoT, ver figura 7.

En esta experimentación los alumnos implementaron el prototipo en un laboratorio de cómputo con una duración de 90 minutos.



Fig. 7. Sistema de control de temperatura con IoT

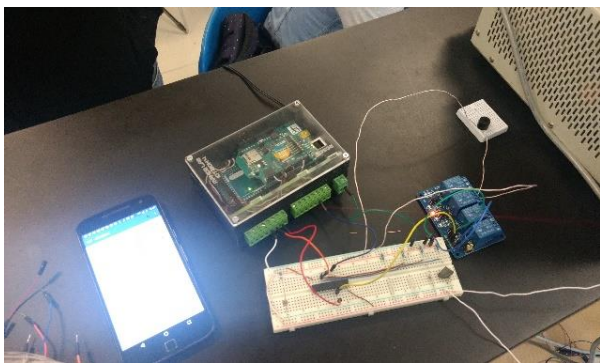


Fig. 8. Sistema de alarma IoT para casa.

**Laboratorio de Automatismo Lógicos.** Se incorpora la plataforma para implementar la lógica de control de una alarma de un local, con monitoreo remoto del estado de la puerta, ventana y bocina. Además, se puede activar o desactivar desde la APP dicha alarma, como se observan en la figura 8 y el video del siguiente enlace.

<https://youtu.be/qvU3oOA9cbM>

Para este caso, el sistema se constituye por: plataforma "IoT Maker Lab", relevadores, zumbador, sensores magnéticos y GAL22v10 (controlador lógico). El experimento tuvo una duración de 2.5hrs, con alumnos del programa de Ingeniería en Mecatrónica de 4º semestre.

**Laboratorio de Mecatrónica.** Para esta la materia de 8º semestre, se pide diseñar y manufacturar un mecanismo de caja de transmisión con 4 velocidades y reversa, como se muestra en la figura 9. Con monitoreo remoto de la velocidad del eje, así como con indicador de la marcha (número de velocidad) en la cual se encuentra el prototipo.

Para esa aplicación además de "IoT Maker Lab", se usa las plataformas digitales Arduino® y MyDaq® (los equipos tuvieron la libertad de seleccionar el controlador lógico), sensores de velocidad y posición. La duración de este experimento fueron 4 sesiones de 3hrs.

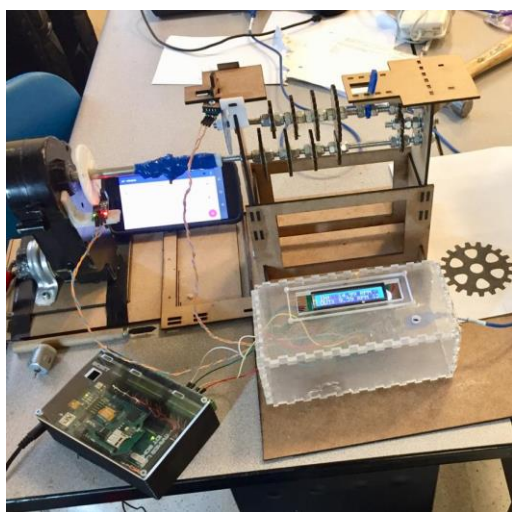


Fig. 9. Caja de transmisión con IoT.

## B. Segunda Etapa

En la segunda fase se trabaja con proyectos encaminados a los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, en áreas como salud, energía y agricultura [7]. En esta etapa se busca incorporar la tecnología IoT como elemento fundamental para generar un diferencial en los prototipos. Dichos prototipos son resultado de proyectos realizados en varias materias del programa Ingeniería en Mecatrónica, los cuales se describen a continuación.

**Salud.** A principios del año 2020 a nivel mundial se vivió el auge de la pandemia causada por el Covid-19, enfermedad que causa dificultad para respirar en las personas contagiadas. Surgiendo así la necesidad de respiradores artificiales. Como respuesta a esta necesidad, en el curso de Control Computarizado se diseña y construye un respirador mecánico con el diferencial de contar con tecnología de IoT, éste se muestra en la figura 10. El prototipo se construye con el uso de manufactura aditiva para la parte estructural y mecánica. Cuenta con sensor, actuador y un microcontrolador para implementar el control del sistema. Además de la plataforma "IoT Maker Lab" para realizar la función de monitorear la velocidad del bombeo de oxígeno, así como para permitir que el personal médico accione el respirador remotamente apoyado de la APP, reduciendo de esta manera la posibilidad de contagio al estar alejado del paciente.

El prototipo se desarrolla durante un periodo de 10 semanas, con alumnos de sexto semestre. En el siguiente enlace se muestra la visualización de la APP y el funcionamiento del respirador.

[https://youtu.be/s3mamVE23\\_w](https://youtu.be/s3mamVE23_w)



Fig. 10. Ventilador mecánico

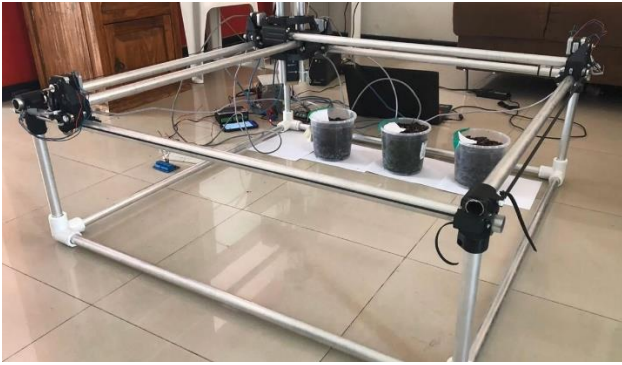


Fig. 11. Máquina sembradora.

**Agricultura.** Los huertos verticales son una estrategia que las grandes ciudades poco a poco están adoptando, ya que presentan la ventaja de poder cultivar hortalizas, entre otros, en espacios reducidos y con poca tierra. Donde la necesidad de tecnología para riego y cultivo automático se vuelve una prioridad. En este sentido, en las últimas 9 semanas del curso de Automatismo Lógicos los alumnos construyeron una máquina sembradora de tres ejes.

Dicho prototipo permite colocar semillas en recipiente situados en posiciones específicas, así como proporcionar el agua correspondiente. En la figura 11 se muestra una imagen de la máquina. Este sistema se construye a partir de perfiles metálicos y partes de plástico construidas con impresora 3D en su estructura. Para el control se cuenta con una tarjeta Arduino y drivers para los motores de pasos, además de una computadora para enviar indicaciones usando código G. El prototipo se complementa con la plataforma "IoT Maker Lab", cuya función es controlar el encendido y apagado de la máquina de forma remota, para que pueda trabajar en el momento que se le dé la indicación por medio de la APP.

**Energía-Educación.** Actualmente la educación a distancia es una tendencia en materia de educación, lo anterior incrementó en el año 2020 a consecuencia de la pandemia resultado del Covid 19. Pero ésta no es tarea fácil para las clases prácticas. En este sentido, durante la pandemia se implementó un laboratorio remoto para instruir conceptos de automatización en la clase de Redes Industriales, curso para alumnos de sexto semestre. Para ello se interconecta una computadora, un PLC, una estación de sensores-actuadores y la plataforma "IoT maker Lab". Para el laboratorio remoto implementado, que se muestra en la figura 12, la tecnología IoT cumple la función de permitir ahorro de energía, ya que por medio de la APP se tiene el control del momento en cual se energizará la estación, limitando el consumo de potencia únicamente en el periodo que así se requiera y dejando de consumir energía cuando el laboratorio remoto esté en desuso.

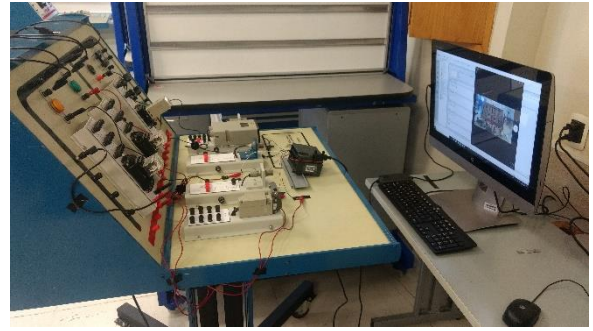


Fig. 12. Laboratorio remoto.

El último de los artículos, que lleva por título "Propuesta de una metodología basada en metáforas para enseñar programación a niños", propone una metodología basada en aplicar metáforas, del tipo receta (para programas y secuencias) o cajas (para las variables), a los recursos del profesor orientados a la enseñanza de la programación a niños de entre 9 y 11 años.

## V. RESULTADOS

De acuerdo con la experimentación antes descrita, se observa que "IoT Maker Lab" permite:

- **Versatilidad.** Se pueden usar para prototipos muy sencillos que se desarrollan en poco tiempo (actividades primera etapa) hasta sistemas complejos (proyectos segunda etapa). Complementado con tecnología digital diversa.
- **Facilidad de configuración.** Lo pueden usar con facilidad desde principiantes (actividades primer etapa) hasta más expertos (proyectos segunda etapa). Con tiempo de implementación desde 45 minutos hasta varias semanas.
- **Portabilidad.** La experimentación se realizó en diversos espacios de trabajo sin complicaciones (salón de clase, laboratorio y salón de cómputo).

### A. Análisis de Datos

Para medir el enganche, motivación y el aprendizaje se diseñó un experimento cuantitativo [15], con recopilación de información por cuestionario con escala Likert, como se indica en la tabla III. El valor de 1 representa el valor más bajo y 5 el valor más alto.

TABLA III  
CODIFICACIÓN  
Escala de Likert

1	2	3	4	5
Completamente de acuerdo			Completamente en desacuerdo	

El enganche continuamente se relaciona con el involucramiento de los alumnos en las actividades. Mientras que la motivación se encuentra en la relación con los intereses del alumno y el grado de utilidad de los conocimientos [16, 17, 18]. En referencia al aprendizaje este resulta significativos si el alumno relaciona contenidos nuevos con previos y si los aplica en situaciones reales. Basado en lo anterior se desarrolla el siguiente cuestionario para medir el impacto de incorporar la plataforma "IoT maker lab" en los cursos del programa de Ingeniería Mecatrónica. Como se observa en la tabla IV.

El estudio de los datos se realiza por medio de un análisis estadístico descriptivo, apoyado del software IBM SPSS® Statistics. La información se muestra en las tablas V y VI.

De la información en la tabla V y VI se tiene la siguiente interpretación: Las respuestas de todas las preguntas en promedio se ubican en 4.37 (cercano al límite superior: completamente de acuerdo) concluyendo así que el uso de la plataforma "IoT maker lab" promueve la motivación y el aprendizaje en los alumnos. Además, se observa que la motivación y el aprendizaje presentan una correlación positiva moderada [15]. Es decir, que la motivación generada por el hecho de incorporar la plataforma a los cursos se ve reflejada en el aprendizaje de los alumnos con un impacto moderado.

TABLA IV  
PREGUNTAS PARA MEDIR LAS VARIABLES DE INTERÉS

<b>Experiencia/ Flexibilidad</b>
<b>Q1.</b> La plataforma "IoT Maker Lab" es simple y fácil de operar.
<b>Motivación</b>
<b>Q2.</b> Agregar el componente IoT promueve tu capacidad inventiva.
<b>Q3.</b> La plataforma "IoT maker lab" te permitió establecer relación con las competencias de tu profesión.
<b>Aprendizaje Significativo</b>
<b>Q4.</b> Es importante complementar los contenidos del curso con tecnología IoT.
<b>Q5.</b> La plataforma "IoT maker lab" ayuda a que el sistema/prototipo implementado sea más apegado a una solución útil.

TABLA V  
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA (ALPHA DE CRONBACH = 0.76)

	Media	Desviación estándar
Experiencia/Flexibilidad		
Q1	4.23	.845
Motivación		
Q2	4.45	.675
Q3	4.16	.735
Aprendizaje Significativo		
Q4	4.68	.475
Q5	4.35	.755
Válido N (lista)	31	

TABLA VI  
MATRIZ DE CORRELACIÓN (COEFICIENTE DE PEARSON)

	Q2	Q3	Q4	Q5
Q2	1.000			
Q3	.655	1.000		
Q4	<b>.469</b>	<b>.440</b>	1.000	
Q5	<b>.329</b>	<b>.494</b>	.330	1.000

## VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se describe la propuesta de una plataforma de bajo costo denominada "IoT Maker Lab", la cual es portable, versátil y fácil de configurar. Que además de ser una tecnología más económica, en comparación con productos comerciales, se pueden generar experiencias de aprendizaje significativas con el fin de proporcionar a los alumnos habilidades en temas de Internet de la Cosas.

Por otro lado, después de las dos etapas de experimentación se observa que las experiencias prácticas con la plataforma incrementaron el interés de los alumnos por el Internet de las Cosas. Pues desarrollaron desde prototipos muy sencillos (encender y apagar un electrodoméstico) hasta más complejos (respirador mecánico), acercándolos al ecosistema de la industria 4.0. De acuerdo con el análisis realizado a los resultados de la encuesta, aplicada a los alumnos después de la experimentación, la plataforma "IoT maker lab" motiva y genera aprendizaje significativo.

Además, se puede ver en los resultados que la experimentación con la plataforma es abierta y libre. Es decir, no se limita a experimentos previamente establecidos. El profesor decide cómo y dónde utilizar la plataforma "IoT makers lab". Los docentes tienen total libertad para utilizarlo según sus necesidades y en función del contenido académico que se esté impartiendo o de las competencias que se estén desarrollando. Es suficiente que los profesores conozcan la funcionalidad de la plataforma y su alcance. Otras implementaciones dependen de su imaginación.

Finalmente, como trabajo futuro se pretende mejorar la

estética de la interfaz de usuario de la APP y disminuir el tiempo de repuesta de la misma. También se buscará rediseñar el gabinete del socket para hacerlo más robusto, principalmente en la parte de los conectores.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo brindado por el fondo NOVUS 2016, una iniciativa del Tecnológico de Monterrey. Un agradecimiento especial a todos los estudiantes y profesores del campus de Morelia, quienes apoyaron y contribuyeron al desarrollo y validación de la plataforma.

Además, los autores desean agradecer el apoyo financiero de Writing Lab, TecLabs, TecLabs, Tecnológico de Monterrey, México, en la producción de este trabajo.

#### REFERENCIAS

- [1] M. Baygin, H. Yetis, M. Karakose and E. Akin, "An effect analysis of industry 4.0 to higher education", 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), 2016, pp. 1- 4.
- [2] M. Huba ; Š. Kozák, "From e-Learning to Industry 4.0" 2016 International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), 2016, pp, 103 – 108.
- [3] R. A Ramirez-Mendoza, R. Morales-Menendez, H. Iqbal, R. Parra-Saldivar, "Engineering Education 4.0", IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2018.
- [4] S. Stankovski, G. Ostojić, X. Zhang, I. Baranovski, S. Tegeltija, S. Horvat, "Mechatronics, Identification Tehnology, Industry 4.0 and Education", 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, 2019.
- [5] EduTrends (mayo 2015). Radar de Innovación Educativa. Monterrey, NL: Observatorio de Innovación Educativa. Internet: <http://observatorio.itesm.mx/redutrends> [May 20, 2015].

- [6] R. R. Calderón, R. B. Izquierdo and S. G. García, "Low cost platform to implement IoT prototypes," 2020 IEEE World Conference on Engineering Education (EDUNINE), Bogota, Colombia, 2020, pp. 1- 6, doi: 10.1109/EDUNINE48860.2020.9149540.
- [7] United Nations, Sustainable Development Goals, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> [February 15, 2020]
- [8] A. N. Kazimirov, "Education at University and Industry 4.0", Global Smart Industry Conference (GloSIC), 2018.
- [9] Seedstudio. Build Your Own IoT Applications with Acer Cloud Professor and Groves!. Internet: <http://www.seedstudio.com/blog/2015/09/07/build-your-own-iot-applications-with-acer-cloud-professor-and-groves/> [April 15, 2016].
- [10] Relayr. WunderBar! Starter kit for the Internet of Things. Internet: <https://www.youtube.com/watch?v=soH0eAOrRdU> [April 15, 2016].
- [11] Maker center. Internet: <http://www.makercenter.mx/iot/> [May 20, 2019].
- [12] A. Ordoñez-García, E. Vidrios-Núñez, M. Siller, M. G. Sánchez-Cervantes, "IoT system for agriculture: Web technologies in real time with the Middleware paradigm", IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC), 2018, pp 1 - 4.
- [13] A. Ordoñez-García, M. Siller, O. Begovich, "IoT architecture for urban agronomy and precision applications", IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC), 2017, pp. 1 - 4.
- [14] IoT Development Kits. Internet: <https://www.postscapes.com/cellular-internet-of-things-development-kits/> [May 20, 2019].
- [15] R. Hernandez-Sampieri, "Metodologia de la Investigacion", 2014, Mexico, Mc Graw-Hill Education.
- [16] P. A. Tebbe, S. Ross and J. R. Pribyl, "Measuring Student Engagement in Thermodynamics Courses", IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 2013, pp 1828-1830.
- [17] NSSE, "National Survey of Student Engagement", Intenet: [http://nsse.indiana.edu/pdf/survey\\_instruments/2018/NSSE\\_2018\\_US.pdf](http://nsse.indiana.edu/pdf/survey_instruments/2018/NSSE_2018_US.pdf), [October 27, 2017].
- [18] Fondo NOVUS para la innovación educativa, "Convocatoria NOVUS 2018", Intenet: <https://novus.itesm.mx/>, [February 16, 2018].

**Rosalino Rodríguez-Calderón** nació en Morelia, Michoacán, México. Obtuvo su doctorado en Diseño Electrónico en el CINVESTAV, Guadalajara, México, en 2005. Desde 2007, ha sido miembro de la facultad del Tecnológico de Monterrey, primero en el campus de Guadalajara y luego en el campus de Morelia. En ambos casos en el Departamento de Mecatrónica como profesor. Asesor de alrededor de 20 proyectos en Internet de las Cosas, Fabricación Aditiva, Automatización Industrial, Energías Alternativas, BioMecatrónica e Invernaderos. Líder y coordinador de proyectos de innovación tecnológica con la industria. Con investigación en innovación educativa en energías alternativas, realidad virtual, realidad aumentada, humanoides e Internet de las cosas.

**Rubén Belmonte-Izquierdo** nació en Morelia, Michoacán, México. Obtuvo una maestría en Control Automático del CINVESTAV, Guadalajara, México en 2009. Tiene experiencia en servicios eléctricos y electrónicos en la industria de pozos petroleros. Desde 2012 es miembro del cuerpo docente del Tecnológico de Monterrey. Actualmente es Director de la División de Ingeniería y Arquitectura en el campus de Morelia. Sus intereses actuales incluyen proyectos de innovación educativa en Educación