

## ¿ARDUINO, PLATAFORMA DE DESARROLLO DE APLICACIONES PARA ESTUDIANTES EN ÁREAS COMPUTACIONALES?

F. A. Payan Guerrero<sup>1</sup>  
G. Peña Ramos<sup>2</sup>  
D. Lira Leyva<sup>3</sup>

### RESUMEN

Mantenerse a la vanguardia para enfrentar los retos globales en la formación de alumnos de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informática en tecnologías de la información, es un reto que apremia al personal docente de la Academia de Sistemas y Computación (ASyC) del Instituto Tecnológico de Jiquilpan, por lo que necesita actualizar contenidos de programas académicos, que enfrenten los requerimientos demandados en las empresas, donde los estudiantes realizan residencias profesionales o laboran. Este estudio se enfoca en determinar dichos cambios en asignaturas particulares, que marcan la pauta para llevar la formación del alumno hacia las tendencias tecnológicas actuales. Para el caso de esta investigación, se utilizó la metodología mixta cuantitativa - cualitativa. Mediante el método lógico inductivo se aprecia, que al estudiar la opinión de egresados y alumnos, se concluye que la necesidad apremiante es la transición de tecnología en las materias de microcontroladores. Por ello, se modifican los contenidos en programas de estudio, capacita al personal docente de la ASyC, elaboran textos de consulta, manuales de prácticas, planes de equipamiento de laboratorios y se generan nuevas líneas de investigación.

### ANTECEDENTES

El Instituto Tecnológico de Jiquilpan (ITJ), a lo largo de 39 años de brindar servicio educativo de calidad a la sociedad, ha tenido grandes éxitos. Los egresados de las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informática (ISCeI), es una fuente de retroalimentación para el quehacer académico de los docentes del área. Motivo por el cual, anualmente se llevan a cabo, congresos y paneles de egresados donde se recopilan datos para aplicarlos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos.

Como resultado de este análisis, surge la imperiosa necesidad de actualizar los contenidos de los programas de estudio de las carreras del área computacional y mantener a la vanguardia a la ASyC para enfrentar los retos globales en la formación de los alumnos de las ingenierías correspondientes al área de las ciencias computacionales.

En el marco de los congresos académicos, se forman paneles de egresados y se recaba su opinión acerca de la tendencia de tecnologías de vanguardia que están impactando el mercado laboral y se determina que el tema de Microcontroladores es la base que potenciará la formación de los alumnos.

### Planteamiento del problema

Determinar cuál es el microcontrolador que se adecua a las necesidades de los estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informática del Instituto Tecnológico de Jiquilpan, en el desarrollo de aplicaciones.

---

<sup>1</sup> Profesor titular C y Jefe del laboratorio de electrónica. Instituto Tecnológico de Jiquilpan.  
fapayan@yahoo.com

<sup>2</sup> Profesor titular C. Instituto Tecnológico de Jiquilpan. peragloria@gmail.com

<sup>3</sup> Profesor titular C. Instituto Tecnológico de Jiquilpan. lldey@hotmail.com

**Objetivo general**

Definir e implementar los cambios necesarios para que los estudiantes de ISCeI del ITJ, desarrollen aplicaciones tendientes a enfrentar los retos globales.

**Justificación**

El ITJ pertenece al órgano desconcentrado denominado Tecnológico Nacional de México (TecNM), motivo por el cual, un cambio en el plan de estudios de una asignatura, no está al alcance de un Instituto Tecnológico. Sin embargo, las academias pueden realizar adecuaciones e innovaciones en los contenidos de programas de estudio y/o módulos de especialidad.

El programa de estudios de la asignatura Arquitectura de Computadoras, aborda el tema de microcontroladores. Durante más de una década, el Microcontrolador Intel 8051 ha sido el dispositivo utilizado en esta asignatura y otras del pasado; su proceso enseñanza-aprendizaje se ha convertido en una actividad tediosa, ya que al transmitir al alumno los fundamentos y mecanismos funcionales del microcontrolador Intel 8051, implican jornadas amplias de trabajo en el desarrollo de aplicaciones con este dispositivo. Esto implica, costos de implementación elevados, además de representar una tecnología que no ha evolucionado acorde a la formación de los estudiantes de ingeniería para enfrentar los retos globales.

Por lo anterior, la ASyC determina realizar un estudio de tecnología de microcontroladores que apoyen al proceso enseñanza-aprendizaje y permita su crecimiento gradual hacia los objetivos planteados en esta investigación.

La selección de los microcontroladores Arduino como tema central de la asignatura antes descrita, potencializa el panorama global del proceso enseñanza-aprendizaje, ya que otorga la facilidad de incrustar diferentes tecnologías del entorno actual y futuro para la formación de los alumnos ISCeI.

**METODOLOGÍA****Hipótesis**

Arduino como sistema embebido en la formación de estudiantes de ingeniería en Sistemas Computacionales e Informática del Instituto Tecnológico de Jiquilpan, representa una opción viable para el desarrollo de aplicaciones.

Las variables sujetas a estudio son: Arduino, sistemas embebidos y desarrollo de aplicaciones.

El diseño utilizado fue el experimento: medir el efecto de la implementación de Arduino en los contenidos de programas de estudio.

El experimento se aplica a los alumnos de las carreras de ISCeI del ITJ, jóvenes con edad entre los 20 y 21 años, de los cuales el 8% son mujeres; proceden principalmente de entidades cercanas a Jiquilpan, Michoacán como: Zamora, San Pedro, Sahuayo, Venustiano Carranza y San José de Gracia.

La ASyC, emprende las siguientes acciones para cumplir con el objetivo planteado: Forma un comité para analizar las diferentes tecnologías de Microcontroladores que actualmente se implementan en aplicaciones referentes al área computacional, es decir, la ISCeI.

Un reto global en la formación de estudiantes de ingeniería, particularmente los de las ISCeI del ITJ, es que los sistemas embebidos, han cobrado gran relevancia en el desarrollo de aplicaciones.

La adquisición de competencias en el uso de lenguajes de programación se transformó en un requisito excluyente para la formación de grado de los futuros ingenieros electrónicos, impulsada fundamentalmente por la omnipresencia de dispositivos programables basados en microprocesadores y microcontroladores en el campo de la Ingeniería Electrónica actual. Así lo refleja la mayoría de los planes de estudio de la carrera, en universidades de América, Asia y Europa. (José L. Simón, 2013).

Los lenguajes de programación C y C++, el uso de entornos integrados de desarrollo de software y, metodologías de diseño, en particular la Orientación a Objetos, son competencias genéricas a desarrollar en la implementación de microcontroladores en la solución de problemas prácticos.

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con microcontrolador y entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. (Fundación Wikimedia, 2016)

### ¿POR QUÉ ELEGIR ARDUINO?

Existen muchas otras placas de diferentes fabricantes que, aunque incorporan diferentes modelos de microcontroladores, son comparables y ofrecen una funcionalidad más o menos similar a la de las placas Arduino. Todas ellas también vienen acompañadas de un entorno de desarrollo agradable y cómodo y de un lenguaje de programación sencillo y completo. No obstante, la plataforma Arduino (hardware + software) ofrece una serie de ventajas. (Torrente, 2013, pág. 70).

Arduino es una tecnología libre y extensible por lo que cualquiera puede mejorar su entorno de hardware y software.

Arduino tiene una gran comunidad: muchas personas lo utilizan, enriquecen la documentación y comparten continuamente sus ideas.

Su entorno de programación es multiplataforma: se puede instalar y ejecutar en sistemas Windows, Mac OS X y Linux. Esto no ocurre con el software de muchas otras placas.

Su entorno y el lenguaje de programación son simples y claros: son muy fáciles de aprender y de utilizar, a la vez que flexibles y completos para que los usuarios avanzados puedan aprovechar y expresar todas las posibilidades del hardware.

Además, están bien documentados, con ejemplos detallados y gran cantidad de proyectos publicados en diferentes formatos.

Las placas Arduino son baratas: la placa Arduino estándar (llamada Arduino UNO) ya preensamblada y lista para funcionar cuesta alrededor de 20 euros. Incluso, uno mismo se la podría construir (Arduino es hardware libre, recordemos) adquiriendo los componentes por separado, con lo que el precio total de la placa resultante sería incluso menor.

Las placas Arduino son reutilizables y versátiles: reutilizables porque se puede aprovechar la misma placa para varios proyectos (ya que es muy fácil de desconectarla, reconectarla y reprogramarla), y versátiles porque las placas Arduino proveen varios tipos diferentes de entradas y salidas de datos, los cuales permiten capturar información de sensores y enviar señales a actuadores de múltiples formas. (Torrente, 2013, pág. 71).

El punto fuerte de Arduino no es su potencia de cálculo, ni la memoria de la placa, ni la frecuencia del procesador. El punto fuerte de Arduino está en la facilidad de conectarse con el mundo, es decir, en el desarrollo aplicaciones tendientes a mejorar lo cotidiano de las personas. De acuerdo a las referencias consultadas, la tecnología Arduino es el microcontrolador idóneo para estudiantes de ISCeI, ya que la especialidad de estas carreras es Redes y Diseño de Páginas Web respectivamente, por lo que los conocimientos referentes a la electrónica son básicos; esta plataforma de desarrollo es adecuada a las necesidades de implementación en aplicaciones con conexión al mundo físico, punto importante para los objetivos planteados en esta investigación.

Otro aspecto relevante, es el costo de adquisición de la tecnología. Los materiales para prácticas de laboratorio, son adquiridos con ingresos propios que el ITJ recauda por concepto de inscripciones de los estudiantes, no cuenta con un presupuesto federal para éste rubro. Por ésta razón, el estudiante de ISCeI tiene la necesidad de adquirir tecnología para sus prácticas, proyectos y otros intereses de índole personal, impactando la economía familiar.

El último incremento al salario mínimo (para el año 2015) fue del 4.2 %, es decir, de 2.81 pesos diarios, bastaron sólo tres meses del 2015 para que quedara pulverizado dicho incremento, por lo que después del mes de marzo todo el aumento de los precios en los alimentos y servicios se acumulará a la pérdida del poder adquisitivo. Para ser más claros, entre el 16 de diciembre de 1987 y el 15 de abril del 2015 el precio de la CAR aumentó casi el 5,000 % mientras que el salario mínimo sólo lo hizo en 1,000 %, podemos decir que existe una relación de 5 a 1. (Multidisciplinarios, 2015).

Las familias michoacanas no están exentas del deterioro del poder adquisitivo en México, situación a considerar en la toma de decisiones.

La Tabla 1, muestra la comparación entre Arduino y otras plataformas del mercado. Claramente se observa que Arduino tiene un costo menor, esto representa una gran ventaja. Por último, la disponibilidad de la tecnología, no sólo las tarjetas del microcontrolador, sino

el de muchos módulos de expansión y de control para diversas aplicaciones; esto constituye otro factor por la que la ASyC elige esta plataforma de desarrollo.

**Tabla 1. Cuadro comparativo costo-disponibilidad:  
Arduino Vs. otros Microcontroladores**

|                             | <b>Costo</b>         | <b>Disponibilidad</b> |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Arduino</b>              | \$170.00 – \$300.00  | Si                    |
| <b>Parallax Basic Stamp</b> |                      | No                    |
| <b>BX-24 de Netmedia</b>    |                      | No                    |
| <b>Tessel</b>               |                      | No                    |
| <b>Phidgets</b>             |                      | No                    |
| <b>Launchpad</b>            | \$250.00 - \$420.00  | Limitado              |
| <b>Handyboard del MIT</b>   |                      | No                    |
| <b>PICAXE</b>               |                      | Limitado              |
| <b>Freescale Tower</b>      | \$500.00 - \$600.00  | Si                    |
| <b>Raspberry Pi</b>         | \$900.00 - \$1500.00 | Si                    |

Del análisis anterior, se modifican los contenidos de programas de estudio de la materia de Arquitectura de Computadoras plan 2010 con clave SCD1003 para Ingeniería en Sistemas Computacionales e IFD-1006 para Ingeniería en Informática.

Se implementa en el año 2015 un plan de capacitación al personal de la ASyC en Microcontroladores Arduino. La Figura 1 ilustra al personal de la ASyC capacitándose en la tecnología Arduino para implementarlo para el logro de los objetivos.

Los manuales de prácticas son renovados (Payan Guerrero, Google DRIVE, 2015) así como los textos de consulta (Payan G, 2015).



**Figura 1. Capacitación de la ASyC en microcontroladores Arduino.**

En el periodo agosto-diciembre del 2015, se implementa el nuevo contenido del programa de estudios y se elabora un cronograma de equipamiento de los laboratorios de electrónica y redes, con la finalidad de cubrir las necesidades de la formación de los estudiantes en el logro de las metas.

En el mes de noviembre, la ASyC organiza una expo-orienta en donde los alumnos de Arquitectura de Computadoras de las ISCeI, exponen a la comunidad tecnológica del ITJ la aplicación de la nueva plataforma Arduino. (Payan Guerrero, YouTube, 2015).

Lo importante en definición del enfoque adoptado para una investigación, es que este sea coherente con el problema que hemos planteado, y nos permita llegar a contestar las preguntas de investigación, cumpliendo así con nuestros objetivos. (Gómez, 2006).

Para el caso de esta investigación se utiliza la metodología mixta, debido a la integración de los enfoques cuantitativo y cualitativo, para agregar las ventajas de los dos enfoques. Se utiliza un esquema de pensamiento lógico inductivo; de inducción incompleta, ya que los elementos de objeto de investigación (egresados y alumnos) no pueden ser numerados y estudiados en su totalidad.

Forma oral de comunicación interpersonal, que tiene como finalidad obtener información a un objetivo. (Ibáñez, 2000).

La técnica utilizada fue la entrevista mediante un cuestionario estructurado tanto para egresados como para estudiantes de la carrera de Sistemas Computacionales.

Se realizará un muestreo a base de expertos y este es un proceso de selección de unidades de muestreo, en donde existen personas con una vasta experiencia en la población de estudio, y por lo tanto sabe que unidades son las mejores representantes, las cuales conformarán la muestra. (Igúzquiza, 2010).

Tomando en consideración el tamaño de la población  $N=769$ , el nivel de confianza elegido es 90% con  $Z=1.645$ , por lo que el tamaño de muestra, arrojó que la recopilación de la información es de 62 egresados y estudiantes.

El medio de contacto utilizado para recabar la información de los egresados, fue el correo electrónico y redes sociales. Para los alumnos, se aplicó en el Instituto Tecnológico de Jiquilpan.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La implementación de la plataforma Arduino como el sistema embebido base en el programa de estudios de la asignatura Arquitectura de Computadoras, permite a los estudiantes desarrollar quince aplicaciones durante el periodo agosto-diciembre del 2015, las cuales se exhiben en expo-orienta. Esto representa una mejora sustancial, ya que por los bajos costos y la facilidad de conexión electrónica de esta tecnología, se pudieron desarrollar más proyectos en poco tiempo.

Se adquirieron tres tarjetas Freescale y se sometieron a la valoración de los estudiantes de la asignatura antes referida. En cuanto a la facilidad para desarrollar aplicaciones, el 80% de los

estudiantes opinan que Arduino les facilita más dicha tarea mientras que el 20% dice que ambas tecnologías cubren sus expectativas, pero en el rubro de costo-disponibilidad, el 100% refiere su preferencia por Arduino.

1. La transición de tecnología de Microcontroladores Intel 8051 a Microcontroladores ARDUINO, permite que los estudiantes estén a la vang...

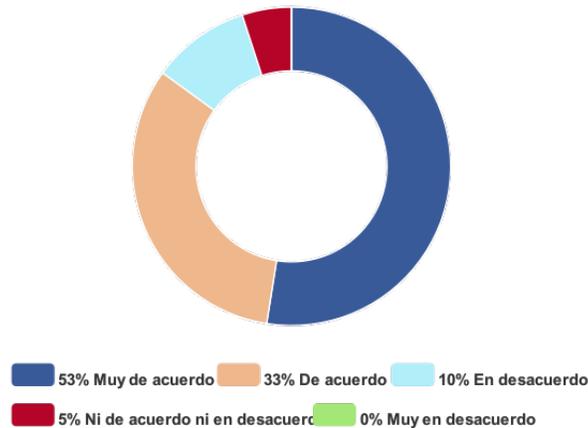


Figura 2. Resultados de la pregunta uno de las encuestas: La transición de tecnología de Microcontroladores Intel 8051 a Microcontroladores ARDUINO, permite que los estudiantes estén a la vanguardia en este rubro.

2. El nivel de satisfacción por la modificación en el programa de estudios de Arquitectura de Computadoras cubre tus expectativas.

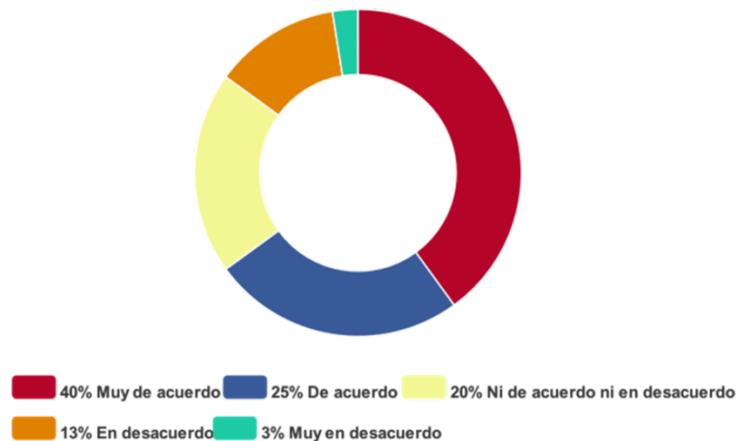
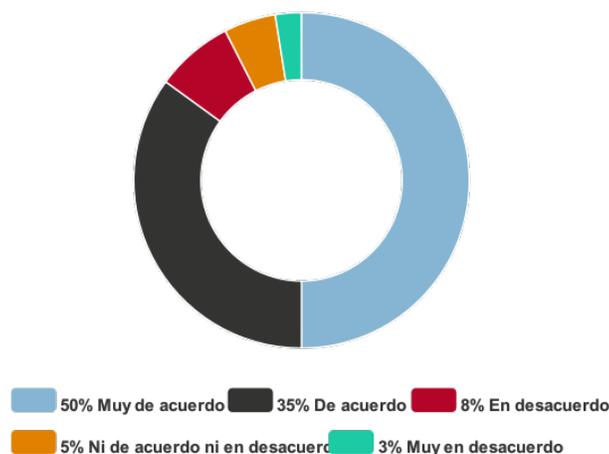


Figura 3. Resultados de la pregunta dos de las encuestas: El nivel de satisfacción por la modificación en el programa de estudios de Arquitectura de Computadoras cubre tus expectativas.

3. Consideras que la implementación de Microcontroladores ARDUINO en tu entorno laboral o académico, permite enfrentar el reto del nuevo...



**Figura 4. Resultados de la pregunta tres de las encuestas: Consideras que la implementación de Microcontroladores ARDUINO en tu entorno laboral o académico, permite enfrentar el reto del nuevo enfoque del control de Sensores y Actuadores**

En las Figuras 2, 3 y 4, se ilustran los resultados de la encuesta que en diciembre del año 2015, se aplicó a egresados y alumnos de las carreras de ISCeI para conocer su opinión respecto a la implementación de los cambios efectuados al programa de estudios de la asignatura de Arquitectura de Computadoras. Los resultados que arrojaron las 62 encuestas aplicadas, fue que el 83% está muy de acuerdo o de acuerdo en que los Microcontroladores Arduino permite que los alumnos estén a la vanguardia en este rubro. El nivel de satisfacción por la modificación en este programa es del 65%. El 85% considera que la implementación de Microcontroladores ARDUINO en su entorno laboral o académico, permite enfrentar el reto del nuevo enfoque del control de Sensores y Actuadores, tema importante para el desarrollo de aplicaciones en el ámbito de la computación.

La administración del ITJ, autoriza una inversión de \$200,000.00 para iniciar equipamientos de laboratorios pertenecientes al área de cómputo. Se adquiere una máquina CNC para la elaboración de prototipos tendiente al apoyo de alumnos en el desarrollo de sus proyectos. Así mismo, se adquieren una gran variedad de tecnología Arduino para el desarrollo de prácticas.

### CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES

En esta experiencia, se ha verificado los resultados que con la plataforma Arduino, han tenido en otras universidades de América como en la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina o en la Miami University, Oxford. Los estudiantes de ISCeI manifiestan una clara preferencia por Arduino principalmente por su bajo costo, su facilidad para adquirirlo en México y después por su facilidad de implementarlo en la solución de aplicaciones prácticas.

La ASyC y el cuerpo directivo del ITJ, se sienten satisfechos por los resultados obtenidos. Sin embargo, se tiene también claro que todavía falta incursionar en aplicaciones en tiempo real, situación que posiblemente lleven a la ASyC a incursionar en otras plataformas de sistemas embebidos. Ésto lo reflejarán las reuniones que en el corto y mediano plazo se mantengan con los egresados para la retroalimentación de las tendencias globales.

Del resultado de las encuestas, podemos concluir que la comunidad tecnológica del área de ISCeI del Instituto Tecnológico de Jiquilpan (egresados y alumnos), aprueba la implementación de Arduino en el contenido de microcontroladores para la asignatura de Arquitectura de Computadoras de ISCeI. Con la implementación de la nueva tecnología Arduino, la ASyC, asienta las bases para enfrentar los retos futuros que exijan los cambios relacionados con los programas de estudio subsecuentes a la asignatura de Arquitectura de Computadoras.

Al analizar los resultados en reuniones de academia, se advierte que la tendencia tecnológica es el Internet de las Cosas (IoT), por lo que visualiza que los cambios efectuados en esta investigación, se implementarán en otros programas de estudio de ISCeI.

La ASyC registra ante el Instituto dos líneas de investigación dirigidas hacia el IoT. Sin embargo, debido al corto tiempo que ha transcurrido desde la implementación de los cambios a los programas de estudio de las carreras de ISCeI, aún no se tienen avances en este rubro. Se recomienda trabajar en este aspecto para fortalecer futuras investigaciones tendientes a mejorar los objetivos de esta investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Fundación Wikimedia, I. (15 de Abril de 2016). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- Gómez, M. M. (2006). *Introducción a la Metodología de la Investigación Científica*. Argentina: Brujas.
- Ibáñez, A. A. (2000). *El proceso de la entrevista. Concepto y modelos*. México: Limusa.
- Igúzquiza, V. D. (2010). *Opiniones y actitudes*. Madrid: Centro de investigaciones sociológicas.
- José L. Simón, N. B. (25-27 de Septiembre de 2013). *Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional de Bahía Blanca*. Obtenido de IV Congreso de Microelectrónica Aplicada: [http://uea2013.frbb.utn.edu.ar/wp-content/uploads/S6\\_4.pdf](http://uea2013.frbb.utn.edu.ar/wp-content/uploads/S6_4.pdf)
- Multidisciplinarios, C. d. (11 de Junio de 2015). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Obtenido de <http://cam.economia.unam.mx/reporte-de-investigacion-120-mexico-esclavitud-moderna-cae-78-71-el-poder-adquisitivo/>
- Payan G, F. A. (15 de diciembre de 2015). *Google Drive*. Obtenido de <https://drive.google.com/drive/folders/0B4WrHQWSUyR4czBpWHpVNU4xa00>
- Payan Guerrero, F. A. (15 de Diciembre de 2015). *Google DRIVE*. Obtenido de <https://drive.google.com/drive/folders/0B4WrHQWSUyR4cktzBgtKbU5VU2c>
- Payan Guerrero, F. A. (10 de Diciembre de 2015). *YouTube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=vVz5Arr5IJ8&feature=youtu.be>
- Torrente, Ó. A. (2013). *ARDUINO cruso páctico de formación*. México: Alfaomega.