

La impartición de temas sobre Interfaces Humano-Máquina (HMI) en el subsistema de Universidades Tecnológicas en México

Julio César Castro Bojórquez

Universidad Tecnológica de Tijuana

julio.castro@uttijuana.edu.mx

Juana Martínez Laguna

Universidad Tecnológica de Tijuana

juana.martinez@uttijuana.edu.mx

Raúl Cardona Meraz

Universidad Tecnológica de Tijuana

raul.cardona@uttijuana.edu.mx

María del Carmen Vargas García

Universidad Tecnológica de Tijuana

carmen.vargas@uttijuana.edu.mx

José Felipe Castañeda Ortíz

Universidad Tecnológica de Tijuana

felipe.castaneda@uttijuana.edu.mx

Jesús León Comes

Universidad Tecnológica de Tijuana

jesus.cames@uttijuana.edu.mx

Resumen

En las universidades tecnológicas mexicanas existe una necesidad en las materias relacionadas al uso de los PLC en la carrera de Mecatrónica respecto a la forma en la que se imparten los temas asociados a las interfaces humano-máquina (HMI), esto es en parte por la falta de presupuesto para adquirir los dispositivos, su uso normal, así como el crecimiento de alumnos que ingresan a estas instituciones.

Se observa que las materias relacionadas a la impartición de temas que incluyen a las HMI, parecen ser impartidas de manera aislada y no conjunta, teniendo conocimientos separados sobre programación de interfaces y PLC.

Se ofrece al lector un análisis sobre este tema al interior del subsistema de universidades tecnológicas en México, así como la percepción de los alumnos de una institución de la frontera con los EEUU pertenecientes al nivel de estudios superior y el grado de aplicación de esta tecnología.

Se analiza la realización de un manual acerca de las HMI, con el fin de que los alumnos puedan realizar su aprendizaje, por medio de la reproducción del modelo propuesto, haciendo notar la importancia contextual de ese modelo educativo que es finalmente a quienes irá dirigido este manual.

Palabras clave: Subsistema de Universidades Tecnológicas, Interfaces Humano-Máquina (HMI), Controladores Lógicos Programables (PLC), Impartición de temas, Aplicación de la tecnología.

Introducción

La obsolescencia de los sistemas que posee una Interfaz Humano-Máquina o HMI (por sus siglas en inglés Human-Machine Interface), en una red de control industrial, obliga a la integración de dispositivos de nueva generación como computadoras personales, tabletas y teléfonos inteligentes utilizando software de diseño y/o hardware de áreas de ingeniería. En esta investigación se presenta la necesidad de la creación de manuales sobre el manejo de estos dispositivos y/o software para su correcta integración a una red de control del tipo TCP/IP y HMI, para el control y monitoreo de un proceso industrial.

Para confirmar esta hipótesis es analizado el ámbito académico o educativo, el industrial y el arribo de nuevas tecnologías relacionadas realizando un estudio del panorama que se ofrece al interior de las universidades tecnológicas en México (UUTT), sobre la impartición y conocimiento del tema por parte de los docentes y una investigación sobre la comprensión de temas relacionados a estas interfaces por parte del alumnado de la carrera de mecatrónica en la UT Tijuana.

Se hace un análisis al interior de subsistema de universidades tecnológicas en México que cuentan con la carrera de mecatrónica y otro sobre la comprensión de los alumnos de la UTT para obtener información y, de esta manera, poder determinar si más del 50% de los docentes han recibido capacitación sobre temas de HMI, si el alumnado considera que requiere mayor información al respecto y si desde ambas perspectivas, la del alumno y la del docente, es factible la realización de un manual sobre esta temática.

Antecedentes

El subsistema de universidades tecnológicas en México, el cual pertenece a la SEP, es relativamente de reciente creación en comparación del de las universidades autónomas y de los institutos tecnológicos, y data desde 1991. La justificación de creación de este modelo educativo, nace a raíz de la detección por parte de la Secretaría de Educación Pública, de la necesidad de vinculación más directa y efectiva entre las instituciones educativas, que son las que producen el recurso humano para las empresas del país, y la iniciativa privada, que es a donde finalmente va a ejercer su profesión el recurso humano generado (Coordinación General de Universidades Tecnológicas, 2006).

Al revisar los planes de estudio de las universidades tecnológicas se tiene que, de acuerdo al plan educativo diseñado para ellas, un 80% de las asignaturas que se imparten son las que definen la carrera de ingeniero en mecatrónica y el 20% son flexibles y adaptadas a las necesidades propias de la región en

la que se ubica la universidad tecnológica en cuestión. Esto da la facilidad de solucionar problemas locales proporcionando el recurso humano que al haber estado en contacto con el sector productivo, puede resolver problemas reales, lo que facilita su ubicación en el mercado laboral (Coordinación General de Universidades Tecnológicas, 2013).

Dentro de los 31 programas educativos definidos, se encuentran los del área electro-mecánica industrial donde está ubicado la de ingeniero en mecatrónica, la cual a su vez tiene una clasificación interna de las asignaturas que se imparten y que son: ciencias básicas aplicadas, lenguas y métodos, habilidades gerenciales y por último las tecnológicas (Universidad Tecnológica de Tijuana, 2011). En esta última clasificación mencionada es donde se encuentra la materia de los controladores lógicos programables y que toca el tema de las redes de control industrial (ver anexo A), la cual es impartida en todas las universidades tecnológicas del país en donde se ofrece la carrera de ingeniero en mecatrónica, como por ejemplo en la Universidad Tecnológica de Tijuana (UTT) y la Universidad Tecnológica del sur de Sonora (UTS) (Universidad Tecnológica del sur de Sonora, 2011).

Al hablar particularmente de la carrera de ingeniero en mecatrónica, que es una de las carreras que existen en las universidades tecnológicas, existe dentro de los planes de estudio ubicados en el tronco común, las asignaturas relacionadas con los temas de controladores lógicos programables que en lo sucesivo serán llamados PLC (del inglés, Programmable Logic Controller), dentro de las cuales se toca el tema de las Interfaces Humano-Máquina que en lo sucesivo serán llamadas HMI (del inglés, Human-Machine Interface).

Este tema trata acerca de la conexión de estos dispositivos con el fin de automatizar un proceso, es decir, en vez de que uno o varios obreros realicen ciertas actividades, los ayuda o sustituye una máquina que realice el mismo procedimiento ya sea por motivos de riesgo hacia el obrero, requerimientos de precisión en la elaboración de algún objeto, rapidez de elaboración, etc. (Balcells & Romeral, 1997).

Se observa que en las diferentes universidades tecnológicas del país parece haber una tendencia a mantener la impartición los temas relacionados con las HMI de manera aislada y no de manera conjunta como se debería de realizar, es decir, aparenta que se tocan los temas como el de PLC y sus características, formas de conectarlos y diseño de programas, separado de los de HMI, conexión, realización de cables especializados y estándares internacionales de protocolos de interconexión de dispositivos a través de redes industriales de manera separada (ver anexo A).

Independientemente de que exista o no este tema dentro de los planes de estudio de las universidades tecnológicas, es cierto que este avance en la tecnología se debe de impartir por parte de los docentes asignados, de una manera eficaz y mucho más clara, tocando todos los temas de manera que a un solo PLC puedan acceder a través de una computadora varios estudiantes a la vez y de manera remota cuando sea necesario.

Al consultar con las diferentes universidades tecnológicas que ofrecen la carrera de ingeniero en mecatrónica y que por consecuencia deben impartir los temas de las HMI, parece que en la gran mayoría cuentan con el problema de que se tocan los temas relacionados de manera independiente y, en gran medida, puede ser que no se ven de manera práctica por medio de la creación, instalación o programación de una de ellas. Los factores implicados a considerar pueden ser el que no exista material suficiente para hacerlas, el que exista el material suficiente y se desconozca que los dispositivos tienen la capacidad de hacerlo, o también, que el docente que imparte la asignatura necesita una capacitación particularmente en alguno de los temas relacionados.

Por otro lado, su uso permite que los procesos de la industria en los cuales ya ha sido aplicada la automatización con redes de control industrial, puedan ser vistos a través de una HMI desde fuera de la empresa, pudiendo obtener datos estadísticos de los niveles de producción, detección de fallas y hasta imágenes en tiempo real de las máquinas y los productos obtenidos (Mandado, Acevedo, & Pérez López, 2006).

Por estas razones, el que no se vean los temas de redes industriales de manera adecuada en los alumnos de la ingeniería en mecatrónica, es indudablemente una deficiencia en la que el recurso humano producido por las universidades tecnológicas necesita adecuar a las necesidades actuales y futuras de la iniciativa privada y es por esto que se propone la creación de un modelo de redes de control industrial para el uso de los alumnos de estas instituciones de nivel superior.

Para la solución a la problemática antes planteada, se busca el comprobar si efectivamente esta deficiencia existe y, posteriormente, la redacción de manuales para la elaboración de Interfaces Humano-Máquina para uso de los alumnos de una forma lo más entendible posible y tocando todos los temas que lo implican.

Metodología

a) Contacto con las universidades tecnológicas donde se ofrece la carrera de ingeniero en mecatrónica.

Para la realización efectiva y adecuada que pretende ser el manual sobre las HMI, es necesario el contacto con las 54 instituciones que ofrecen la carrera en cuestión. El objeto de este contacto es el de realizar un análisis estadístico por medio de la obtención de datos y lograr el proporcionar información para este fin.

Los aspectos a cubrir serán sobre la forma en la que se imparten los temas relacionados con las HMI, recursos existentes, capacitación de los docentes y si se realizan físicamente dentro de las instalaciones de la escuela.

Debe quedar claro la forma en la que se están dando las clases de estos temas, los cuales pueden ser de manera física, es decir, que realmente sea armada-configurada una HMI por los alumnos bajo la dirección del docente, o la exposición teórica de las mismas, quedando a decisión del alumno el completar y ejecutar el armado de una cuando este en sus posibilidades dentro del ejercicio de su profesión, lo cual puede llegar a no realizarse nunca por cualquier motivo (ver figura 3).

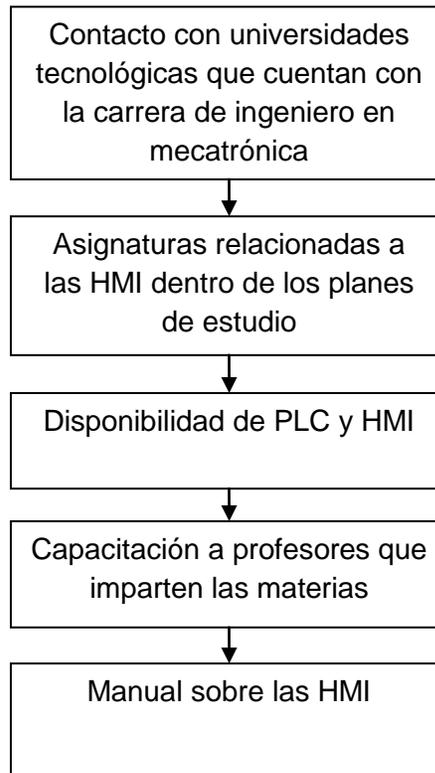


Figura 3. Diagrama para la justificación de la elaboración de un manual sobre Interfaces Humano-Máquina (HMI).

Es importante indagar acerca de la disponibilidad que existe para implementar los PLC para la realización de las interfaces, además de que deberán tener la capacidad de comunicación en red. Una vez que se identifique en qué condiciones están las instituciones en lo referente al equipo necesario,

también se debe ver cuál es el nivel de conocimientos que los profesores que imparten estos temas tienen en relación a la interconexión de PLC para crear las HMI y de ser necesario ofrecer la creación de un manual que pueda servir como referencia para el armado-configuración.

No cabe duda que la necesidad de comunicación con PLC por medio de HMI, en general, está presente en las personas que manejan este tema y, debido al avance en la tecnología, está presente en los planes de estudio de las universidades (Universidad Tecnológica de Tijuana, 2011), tanto como en los manuales de los fabricantes que lo mencionan de manera muy resumida, con los temas aislados y poco clara, como por ejemplo los de la marca Festo® (Terzi E.V., 1999).

b) Los controladores lógicos programables y las interfaces humano-máquina.

Con el fin de hacer un mejor producto comercializable por medio de un sistema automatizado y en el menor tiempo posible, desde los años sesentas y setentas, y con la implementación de los componentes electrónicos en las empresas, se obtiene un sistema con elementos electrónicos de estado sólido llamado controlador lógico programable (ver figura 4) (Balcells, 1998).



Figura 4. Controlador lógico programable de la marca Festo® modelo FC34.

El PLC es un dispositivo que puede ser programado y reprogramado un número indeterminado de ocasiones (Creus, 2007), y que es capaz de albergar la lógica que anteriormente los bancos de relevadores tenían (Maloney, 1997). Hoy en día, se puede hacer uso de diferentes códigos estandarizados de programación para éstos como lo son el graficet, escalera, lista de instrucciones, etc., gracias a la automática aplicada (García, 2000). Aunque estos métodos de programación fueron un gran aporte, aún existía el tratamiento de datos en tiempo real que es necesario para el monitoreo de los análisis de producción de la industria.

En otras palabras, el PLC cuenta con un microprocesador que al igual que en una computadora de escritorio, representa su unidad de almacenamiento de la lógica. También contiene unos circuitos integrados que funcionan como memorias de solo lectura o ROM (por sus siglas en inglés Read Only Memory), que ayudarán al microprocesador con el procesamiento de la lógica ingresada por medio de los métodos de programación antes mencionados (Esposito, 2000) y que agilizan los procesos industriales en los que se implementan. Esto, similarmente a las computadoras de escritorio, genera una serie de datos digitalizados que son útiles y que pueden ser analizados según convenga.

En el inicio de las interfaces humano-máquina con PLC, se ha tenido una clara intención de unir diferentes dispositivos que han sido creados por distintos fabricantes a través de estándares desarrollados y que han tenido la dificultad de funcionar solo entre los que son del mismo proveedor, es decir, solo se tiene comunicación de forma satisfactoria entre aquéllos que fueron producidos por el mismo fabricante (Castro, 2007).

Estos estándares o protocolos de comunicación entre redes de control industrial con HMI, y solo por mencionar algunos, son el profibus, can, modbus, devicenet, etc., que tienen una diversidad de características entre ellos, tales como su forma de cablearlos para interconexión, reglas de comunicación, número máximo de dispositivos a conectar a la red, etc. (Sempere P., 2005).

Esto crea un problema a la hora de que el proceso automatizado tienda a expandirse ya que no siempre es posible adquirir, por la evolución de la tecnología o simplemente por motivos económicos, dispositivos del mismo fabricante (Castro, 2007).

La adición de este tipo de tecnología en la industria tiene la potencialidad de proporcionar una administración de recursos a distancia en líneas de producción pudiendo no solo acceder, monitorear y controlar los dispositivos conectados a ella, sino también el poder reprogramar el orden del proceso en juego, captura y tratamiento de datos por medio de sensores (ver figura 5).

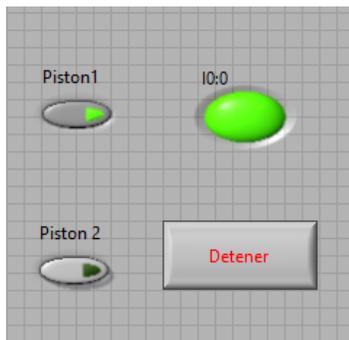


Figura 5. HMI tipo software programado en Labview™.

En la figura 5 se puede apreciar un ejemplo del como con esta tecnología se puede acceder, incluso de manera remota, a una HMI en la cual se monitorea cuando es accionado un pistón industrial y cuando éste está con su vástago totalmente extendido haciendo que el sensor cause que el indicador IO:0 de esta pantalla se ilumine.

c) Propuesta de elaboración de manual sobre las HMI como solución.

Una vez que se tiene claro la necesidad de las HMI, tanto en el ámbito académico como en las empresas, y la ausencia de material bibliográfico, son considerados todos como factores determinantes para la elaboración de un manual.

Este manual deberá contener, entre otras cosas, temas básicos relacionados con las redes de área local o mejor conocidas como LAN (del inglés, local area network), tales como las topologías de red, que ayudará a la comprensión de cómo se debe conectar los dispositivos; ruteador, switch y hub para entender su función y qué es lo que estos hacen dentro de una red (Ureña L., 2005). También es necesario agregar al escrito temas de protocolos de comunicación a través de una red de control industrial y agregar el protocolo TCP/IP que es uno de los más comunes dentro de redes de área local (Arigavello E., 2007), y que en la actualidad los PLC y HMI más recientes ya traen integrado como parte de sus puertos de comunicación (Terzi E.V., 1999).

Cabe mencionar que este manual no será enfocado a la programación lógica para el control de un sistema automatizado, sino más bien a la comunicación que se puede enviar o recibir desde el PLC con las HMI.

Resultados

Para hacer contacto con las UUTT que tienen en su oferta educativa la carrera de ingeniero en mecatrónica, se asistió a la segunda reunión nacional de directores que tuvo como sede la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, en el estado de Puebla, los días 27 y 28 de junio de 2013. Al ser aplicada y procesada esta encuesta a una muestra de 25 de 54 universidades, se obtuvieron los siguientes resultados:

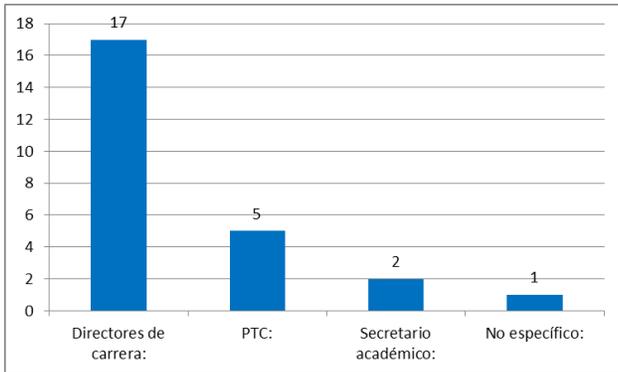


Figura 6. Gráfica sobre los desempeños de los participantes en sus instituciones.

En la figura 6 se puede observar que la muestra fue proporcionada en un 68% por los directores de carrera de los 25 asistentes, mientras que solo 5 personas eran Profesores de Tiempo Completo (PTC), 2 secretarios académicos y una persona no especificó su papel en la institución que representó.

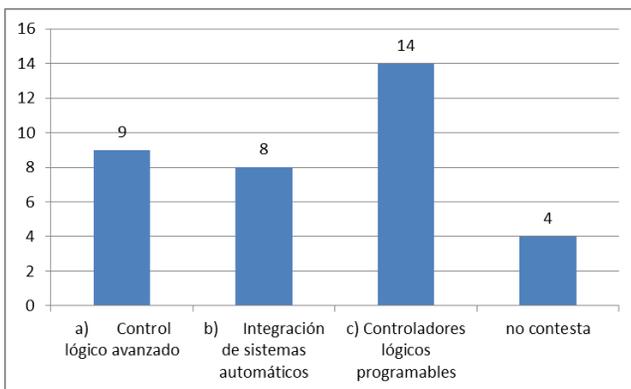


Figura 7. Gráfica sobre las materias que imparten el tema de los PLC.

En la figura 7 se puede observar que en la materia dedicada a los controladores lógicos programables es visto mayormente el tema de este dispositivo y que en las asignaturas de integración de sistemas automáticos y la de control lógico avanzado se ven de manera complementaria. Por otro lado, se tiene que solo el 16% de los participantes del estudio no contestaron acerca de este tema.

Cabe mencionar que en este cuestionamiento al igual que en otros del estudio, podía ser elegida más de una respuesta como posibles opciones.

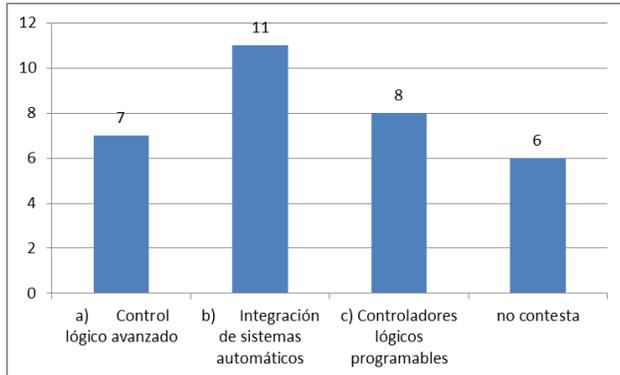


Figura 8. Gráfica acerca de las materias en las que se ven los temas de las HMI.

En la figura 8 se puede ver que un 44% imparte los temas de las interfaces humano-máquina en la materia de integración de sistemas automáticos, mientras que en la materia de controladores lógicos programables puede verse que solo un 32% de las universidades encuestadas lo hace en esta asignatura del tercer cuatrimestre del plan de estudios, un 28% lo hace en control lógico avanzado la cual pertenece al décimo cuatrimestre y en menor manera se obtiene un 24% que no contesta.

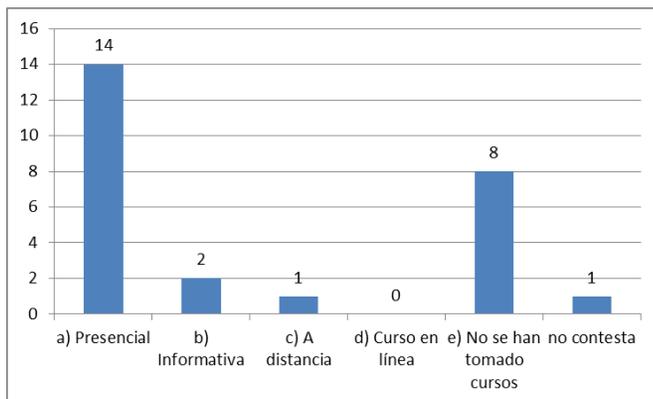


Figura 9. Gráfica sobre la capacitación del personal de las UUTT acerca de las HMI.

Para el caso de la capacitación recibida sobre los temas de las HMI en las UUTT participantes, se tiene que el 56% han recibido capacitación presencial, tan solo el 8% informativa, el 4% a distancia, mientras que el 32% no ha tomado cursos y una institución no contesta sobre este tema (ver figura 9).

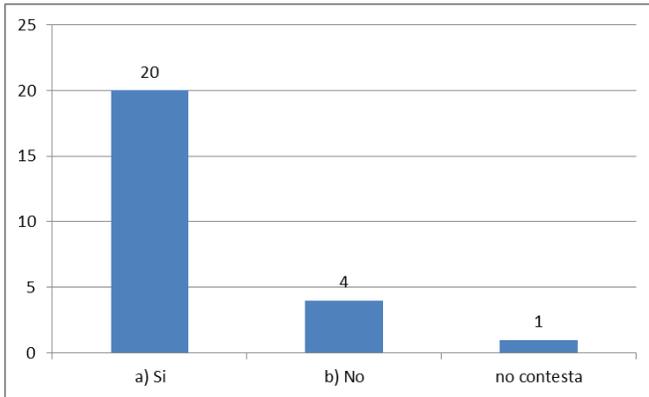


Figura 10. Gráfica sobre la realización de conexiones HMI-PLC por alumnos.

Sobre el tema de la realización de conexiones HMI-PLC por los alumnos de las instituciones participantes en el estudio se obtuvo que el 80% lo han hecho durante 2013 y solo el 16% no lo ha hecho mientras que solo el 4% no contesta.

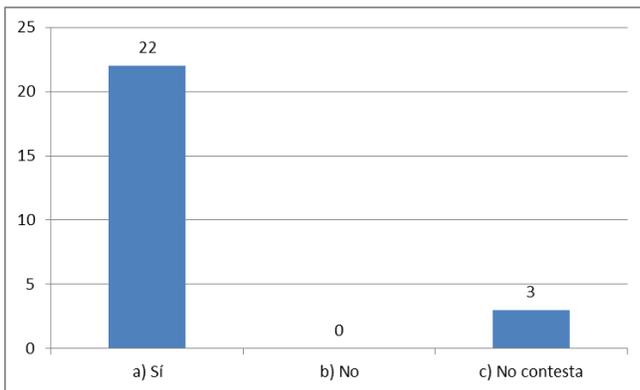


Figura 11. Gráfica sobre la preferencia a la elaboración de un manual sobre HMI-PLC.

Respecto a la preferencia para que se elabore un manual para la realización de conexiones entre las HMI y los PLC, se obtuvo un 88% entre directivos y profesores asistentes como respuesta afirmativa, mientras que el 12% no contestó sobre esta cuestión y un 0% externó que no era necesaria la creación de éste.

Para corroborar y completar las ideas sugeridas por los datos arrojados por la encuesta aplicada, adicionalmente se entrevistó vía telefónica a 2 personas integrantes y a otros 2 participantes activos en la comisión nacional de directores de mecatrónica de las universidades tecnológicas en las cuales se les cuestionó lo siguiente:

- 1.- ¿Se les ofrece capacitación a los profesores relacionados con las materias de HMI?
- 2.- ¿Existe alguna razón por la cual no existe un manual genérico para prototipos de HMI en su universidad o en el subsistema de universidades tecnológicas?

Para el caso de la pregunta número uno se explicó que no existe una capacitación nacional común para este tema y que las universidades tecnológicas de la republica que manejan este plan de estudios tienen la decisión de capacitar o no a su personal docente si así lo creen pertinente y si está en sus posibilidades económicas.

Respecto a la pregunta número 2, la respuesta es que no existe una razón en específico por la cual no existe un manual de este tema y que en el pasado, cuando el plan de estudios era llamado automatización y control y no mecatrónica como lo es ahora, se realizaban manuales para los docentes que impartían estas asignaturas y posteriormente se hacía llegar a las universidades que tenían estos planes de estudio.

Lo anterior hacía que se siguiera de una manera más uniforme los planes de estudio y cada asignatura a nivel nacional ya que al tomar un docente una asignatura que no ha impartido con anterioridad, tenía una referencia del como impartirla con estos manuales.

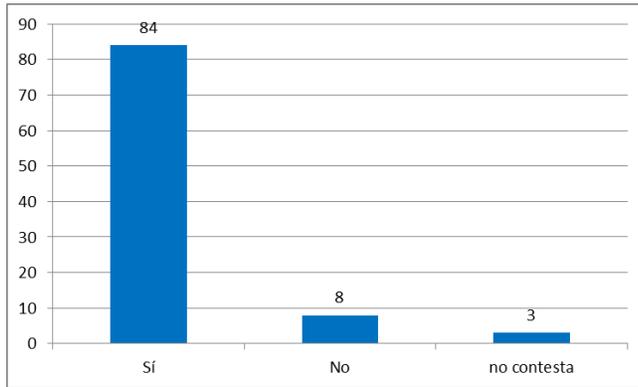


Figura 12. Gráfica sobre la preferencia a la existencia de más información sobre HMI-PLC por el alumnado.

Adicionalmente fue realizado un análisis complementario por separado en el cual participaron 95 de 330 alumnos de la Universidad Tecnológica de Tijuana que cursaban el cuarto cuatrimestre de la carrera de ingeniería en mecatrónica sobre la realización de interfaces humano-máquina de los cuales se obtuvo que el 88% considera que debe haber más información relacionada a la elaboración de las HMI, mientras que solo 8.4% considera que no es necesario y 3 personas no contestan sobre el tema.

Conclusiones

Habiendo revisado los planes de estudio con base en el modelo educativo que utiliza el subsistema de universidades tecnológicas, y teniendo la certeza por medio del análisis estadístico realizado, se comprueba que efectivamente existe la deficiencia en el currículo de la carrera de ingeniero en mecatrónica referente a la impartición práctica de las interfaces humano-máquina, justificando la

elaboración de un manual, teniendo en claro la importancia que se tiene en la actualidad tanto en el ámbito académico como en el industrial debido al avance de la tecnología.

Es claro que, de acuerdo a las investigaciones realizadas, la impartición de los temas relacionados a los PLC y a las HMI se hacen en las materias designadas para ello como lo son la asignatura de controladores lógicos programables en tercer cuatrimestre para los PLC e integración de sistemas automáticos que se imparte en el quinto cuatrimestre para las HMI y de manera complementaria en la de control lógico avanzado.

También es claro que cerca del 70% de las instituciones han tenido algún tipo de capacitación sobre el tema y que a pesar de que en un 80% de las universidades sus alumnos han realizado satisfactoriamente interfaces, cerca del 90% de los participantes en general están a favor de que exista aún más información a través de un manual sobre este tema.

En una etapa posterior y como futuras línea de investigación, se podrá incluir la elaboración de otro manual donde se trate la forma en la que por medio de páginas de internet, se pueda realizar una mejor obtención, manipulación, análisis y muestra de datos en tiempo real, es decir, por sistemas con interfaces hombre- máquina (Sempere P., 2005), además del monitoreo por medio de la instalación de una cámara donde se encuentre la red de control industrial con el producto que se está fabricando, es decir, a través de visión artificial (Odom, 2008).

Incluso todo lo anterior es posible verlo a través de la temática de los laboratorios virtuales usando programas especializados como lo puede ser el Lab View® de la National Instruments® que es otro tipo de sistemas HMI con la diferencia del uso de la programación por objetos o como laboratorios remotos. También como futuros temas de investigación se debe indagar el ámbito empresarial, la incidencia que tiene el correcto aprendizaje de esta tecnología desde el nivel superior, así como los aspectos técnicos a

profundidad que ella implica y, de esta manera, saber qué grado de impacto tiene en la sociedad e industria la formación de capital humano con estas características.

Bibliografía

- Arigavello E. (2007). *Redes cisco - guía de estudio para la certificación CCNA-640-801*. México: Alfaomega Ra-Ma.
- Balcells, J. (1998). *Autómatas programables*. España: Alfaomega grupo editor.
- Balcells, J., & Romeral, J. L. (1997). *Autómatas Programables*. Barcelona: Marcombo.
- Castro, G. (2007). *Comunicaciones industriales: principios básicos*. España: UNED.
- Coordinación General de Universidades Tecnológicas. (2006). *Universidades Tecnológicas, Impulsando el desarrollo de México*. México, D.F.: Diseño e impresos de Querétaro, S.A. de C.V.
- Coordinación General de Universidades Tecnológicas. (2013, junio 14). *CGUT - Coordinación General de Universidades Tecnológicas*. Retrieved junio 28, 2013, from <http://cgut.sep.gob.mx/>
- Creus, A. (2007). *Neumática e hidráulica*. México: Alfaomega grupo editor S.A de C.V.
- Esposito, A. (2000). *Fluid power with applications*. USA: Prentice Hall.
- García, E. (2000). *Automatización de procesos industriales*. México: Alfaomega grupo editor S.A de C.V.
- Maloney, T. (1997). *Electrónica industrial moderna*. México: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.
- Mandado, E., Acevedo, J. M., & Pérez López, S. A. (2006). *Controladores Lógicos y Autómatas Programables*. Barcelona: Alfaomega.
- Odom, W. (2008). *CCENT/CCNA ICDN1 official exam certification guide, second edition*. USA: Cisco press.
- Sempere P., V. (2005). *Comunicaciones industriales con Simatic S7*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Terzi E.V., R. H. (1999). *Controles Lógicos Programables, nivel básico*. Alemania: Festo Didactic.
- Universidad Tecnológica de Tijuana. (2011, junio 1). *Universidad Tecnológica de Tijuana - UTT*. Retrieved junio 1, 2011, from <http://www.uttijuana.edu.mx/>

Universidad Tecnológica del sur de Sonora. (2011, mayo 30). *Universidad Tecnológica del sur de Sonora*. Retrieved junio 1, 2011, from <http://www.uts.edu.mx/>

Ureña L., S. A. (2005). *Fundamentos de informática*. México: Alfaomega Ra-Ma.

ANEXO A

Plan de estudio generalizado de la carrera de ingeniero en mecatrónica en las universidades tecnológicas (Universidad Tecnológica de Tijuana, 2011).

ÁREAS DEL CONOCIMIENTO	CUATRIMESTRE					ESTADÍA	
	1o.	2o.	3o.	4o.	5o.		
CIENCIAS BÁSICAS APLICADAS	MATEMÁTICAS	LÓGICA DE PROGRAMACION					
	90 HRS	45 HRS					
	INFORMÁTICA						
	60 HRS						
	FUNDAMENTOS DE ESTÁTICA Y DINÁMICA						
	60 HRS						
	PROCESOS PRODUCTIVOS	SENSORES	SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO	LENGUAJE DE PROGRAMACION	PROGRAMACION VISUAL		
	60 HRS	45 HRS	75 HRS	45 HRS	75 HRS		
	CIRCUITOS ELÉCTRICOS	ELECTRÓNICA ANALÓGICA	SISTEMAS DIGITALES	SISTEMAS LINEALES PARA AUTOMATIZACIÓN	INTEGRACIÓN DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS		
	90 HRS	90 HRS	105 HRS	75 HRS	105 HRS		
TECNOLÓGICA		CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS	CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES	SISTEMAS DIGITALES II	MICROCONTROLADORES PARA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL		
		75 HRS	105 HRS	60 HRS	90 HRS		
		SISTEMAS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS	SISTEMAS MECÁNICOS	DISPOSITIVOS ANALÓGICOS	INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL		
		90 HRS	75 HRS	90 HRS	90 HRS		
		ELEMENTOS DIMENSIONALES	PLANIFICACION DE PROYECTOS DE ALABRADO	ANÁLISIS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS	INTEGRADORA II		
		75 HRS	45 HRS	75 HRS	30 HRS		
			INTEGRADORA I	INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL			
			30 HRS	75 HRS			
		INGLÉS I	INGLÉS II	INGLÉS III	INGLÉS IV	INGLÉS V	
		60 HRS	60 HRS	60 HRS	60 HRS	60 HRS	
LENGUAS Y MÉTODOS	EXPRESIÓN ORAL Y ESCRITA I				EXPRESIÓN ORAL Y ESCRITA II		
	75 HRS				75 HRS		
	FORMACION SOCIOCULTURAL I	FORMACION SOCIOCULTURAL II	FORMACION SOCIOCULTURAL III	FORMACION SOCIOCULTURAL IV			
30 HRS	45 HRS	30 HRS	45 HRS				
TOTALES	525 HRS	525 HRS	525 HRS	525 HRS	525 HRS	525 HRS.	

Plan de estudio generalizado de la carrera de ingeniero en mecatrónica en las universidades tecnológicas (Universidad Tecnológica de Tijuana, 2011).

AREAS DEL CONOCIMIENTO	CUATRIMESTRE				ESTADIA
	7o.	8o.	9o.	10o.	
FORMACIÓN CIENTÍFICA	70.	80.	90.	100.	480 hrs.
	Cálculo aplicado	Ecuaciones diferenciales aplicadas	Control estadístico de procesos		
	60	75	45		
			Control automático	90	
FORMACIÓN TECNOLÓGICA	75	75	45	75	480 hrs.
	Electricidad Industrial	Control de motores		Control lógico avanzado	
			Administración de proyectos	Sistemas de manufactura flexible	
			45	90	
FORMACIÓN PERTINENTE	75	60	45	30	480 hrs.
		Optativa I	Optativa II		
LENGUAS	60	60	60	60	480 hrs.
	Inglés I	Inglés II	Inglés III	Inglés IV	
FORMACIÓN DIRECTIVA	45	45	30	30	480 hrs.
	Administración del tiempo	Planeación y organización del trabajo	Dirección de equipos de alto rendimiento	Negociación empresarial	
TOTALES	375	375	375	375	1980