

Laboratorio de Automatizaciones y Redes Industriales

Antonio Jr. Vallejo Guevara¹

Manuel E. Macias García

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

¹Campus Laguna, avallejo@itesm.mx

Resumen

Este proyecto es una iniciativa para el desarrollo de una solución de bajo costo a la necesidad de equipamiento de laboratorios, al implementar plataformas tecnológicas de vanguardia en innovación y tecnología educativa. El proyecto consiste en equipar un laboratorio de automatización y redes industriales con equipo industrial y empleo de máquinas de realidad virtual para entrenamiento local. Las máquinas de realidad virtual son modelos de maquinaria o procesos reales emulados por medio de software en la computadora. Estas máquinas de realidad virtual tienen comunicación real con autómatas programables, paneles de monitoreo y control, sensores y actuadores.

Palabras clave: Máquina virtual, Autómatas programables, Automatización, Redes industriales.

1 Introducción

El desarrollo de este proyecto pretende, no solo ayudar a resolver las necesidades de equipamiento de los laboratorios de los programas de ingeniería, si no, implementar plataformas tecnológicas de aprendizaje y entrenamiento, permitiendo colocar a las Instituciones universitarias a la vanguardia en Innovación y Tecnología en la Educación. Adicionalmente, los costos de inversión y de operación serán más bajos que los demandados por los laboratorios tradicionales.

La incorporación de las Tecnologías de la Información y Comunicación en el ambiente de enseñanza-aprendizaje es cada vez más notoria, [1]. En la actualidad, la necesidad de formar profesionistas para tiempos de cambio y la continua actualización de estos profesionales, exige nuevas situaciones de enseñanza-aprendizaje y también nuevos modelos adecuados a ellas. En áreas de las ciencias de ingeniería se evidencia aún más la necesidad de integrar situaciones físicas en este proceso y la forma en como muchas instituciones proponen una solución a esta necesidad es la implementación de Laboratorios Virtuales (LV) que desde la última década del siglo XX se han venido desarrollando, debido a que los Laboratorios Tradicionales (TL) ya no son suficientes para cubrir las demandas de aprendizaje de los alumnos, [2] y [3]. Las nuevas tecnologías deben ser incorporadas como instrumentos o medios para mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje. Por otro lado, el alumno en la actualidad es más activo, necesita ver y hacer, estar siempre rodeado de tecnología y por su parte el profesor tiene la necesidad de captar su atención, de involucrarlo activamente en su aprendizaje, de generar ambientes de aprendizaje en los procesos educativos que realmente transformen la vida del

estudiante y que en el futuro sea un profesional íntegro y competente, [4].

Para cumplir con los puntos anteriores, este documento describe la plataforma educativa de laboratorios virtuales, como respuesta a las necesidades de equipamiento de laboratorios de bajo costo y como un recurso educativo de alta tecnología que permita a los estudiantes validar sus conocimientos y demostrar sus habilidades para relacionar la teoría con la práctica.

2 Justificación del Proyecto

El impacto inmediato de los LV es la generación de ambientes de aprendizaje que permitan el desarrollo de habilidades en forma holística y competente en el ámbito profesional de los estudiantes. La motivación es otro aspecto importante en el aprendizaje y se ha demostrado que actualmente el alumno de ingeniería es principalmente visual, lo cual se ve favorecido con el uso de los LV, [5].

Los LV se basan en el desarrollo e implementación de Máquinas de Realidad Virtual (VRM). Estas representan un modelo de computadora que reproduce la operación de un sistema real. Con el uso de las VRM, los estudiantes son capaces de experimentar una gran diversidad de problemas antes de enfrentarse a los sistemas reales.

Como es de esperarse, los estudiantes pueden cometer errores durante la programación de una secuencia específica de automatización de un proceso, por lo cual, es preferible que estos errores sean detectados en las VRM y no en las máquinas reales. Las VRM son adecuadas para apoyar a la educación y proporcionar entrenamiento adecuado en el área de la

automatización industrial, [6]. En [7] se definen algunas de las ventajas con el uso de las VRM, las cuales se resumen a continuación:

- **Costos.** Muchas universidades no pueden ofrecer el suficiente equipo para apoyar en el desarrollo de habilidades prácticas en los estudiantes. Con las emulaciones, las universidades pueden adquirir solo un simple modelo para sus laboratorios. Si el presupuesto no es suficiente, se pueden ofrecer solo las VRM.
- **Depuración.** Los errores de programación detectados usando las VRM no son tan costosos, debido a que dichos errores detectados durante las pruebas del proceso no dañan el equipo. El uso de las VRM para depurar los programas de los estudiantes considerablemente reducen el riesgo de errores en un sistema real.
- **Disponibilidad.** En la mayoría de los casos, solamente existe un equipo real y los estudiantes solo podrán validar sus programas uno a la vez. Este no es el caso con las VRM, donde los estudiantes pueden probar sus programas simultáneamente, debido a la disponibilidad de la VRM en varias computadoras.
- **Animación.** El uso de la animación es adecuado para visualizar el comportamiento del sistema, incrementando la habilidad para detectar problemas y mejorar el aprendizaje del estudiante.
- **Diversidad.** Con la diversidad de procesos, los estudiantes pueden practicar diferentes técnicas de programación, enriqueciendo sus habilidades para programar en forma más eficiente.

Aun cuando las VRM no siempre proporcionan una similitud perfecta al comportamiento de un sistema físico, estas deben intentar duplicar el sistema real. Existen ciertas características del proceso que, debido a su rareza o existencia ocasional (tal como fallas de hardware, perturbaciones externas, desgaste mecánico de componentes, etc.) no pueden ser reproducidas exactamente por las VRM.

3 Concepto de Máquina de Realidad Virtual (VRM)

Las VRM son modelos 3D con alta definición y alto nivel de detalle. Estas presentan los mismos actuadores y sensores considerados en un proceso industrial real y las cuales pueden conectarse vía PROFIBUS o alguna red industrial al Controlador Lógico Programable (PLC) real. El modelo virtual no es software, es una aplicación ejecutable, que no requiere de instalación para su uso. La Figura 1 muestra el equipamiento de una estación de automatización con un modelo real (Figura 1.a) y la

misma estación pero con una máquina virtual (Figura 1.b). Esta innovación reduce considerablemente el costo de inversión para un laboratorio de automatizaciones y control.

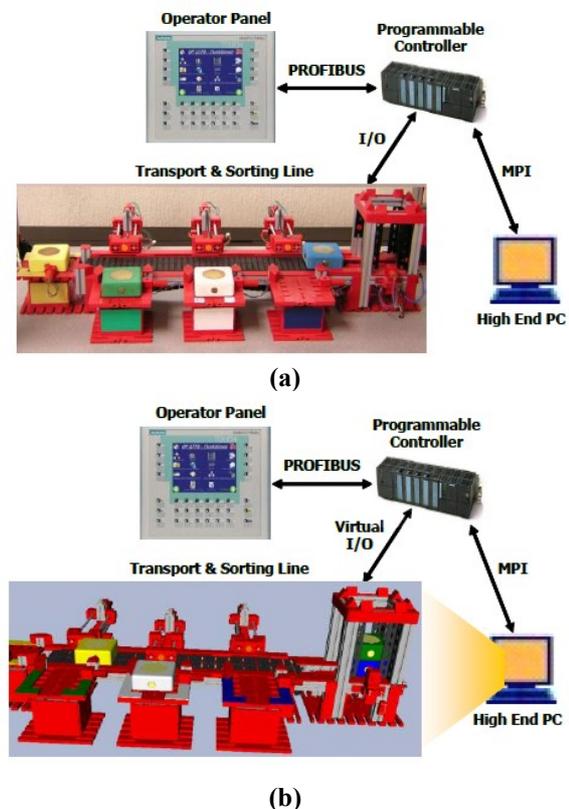


Figura 1: Estación de automatizaciones con un modelo real (a) y con una VRM (b).

El desarrollo de las máquinas virtuales emplea el LabView, un software de programación gráfica y líder en el desarrollo de aplicaciones de adquisición de datos y control. Previamente, los diferentes componentes de la máquina son modelados en 3D con el uso de algún paquete CAD (por ejemplo SolidWork).

Los modelos en 3D son exportados a un formato VRML (Virtual Reality Modeling Language), lo que permite que LabView pueda leer, abrir y mostrar los componentes en una escena 3D. El ensamble de las partes se realiza en LabView, así como también la programación lógica para el movimiento de las partes, dependiendo de cada I/O (entrada/salida) del PLC a través de un protocolo de comunicación. El resultado es un modelo de máquina virtual en 3D, la cual es idéntica a la máquina real en apariencia y funcionamiento.

La Figura 2 presenta la VRM diseñada y modelada para una línea de transporte y proceso de maquinado.

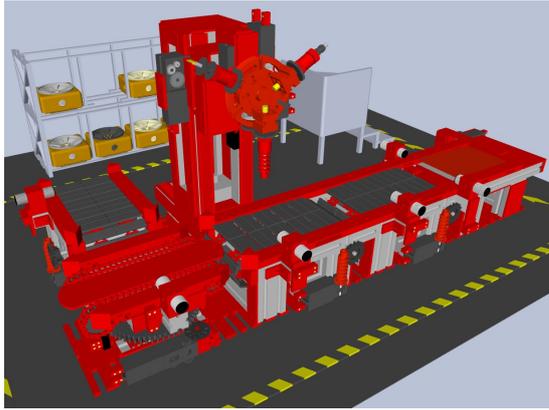


Figura 2: VRM de una línea de transporte y proceso de maquinado.

La Figura 3 representa la VRM diseñada y modelada para un elevador de 4 pisos.

4 Arquitectura de los laboratorios de Realidad Virtual

4.1 Concepto del laboratorio de realidad virtual

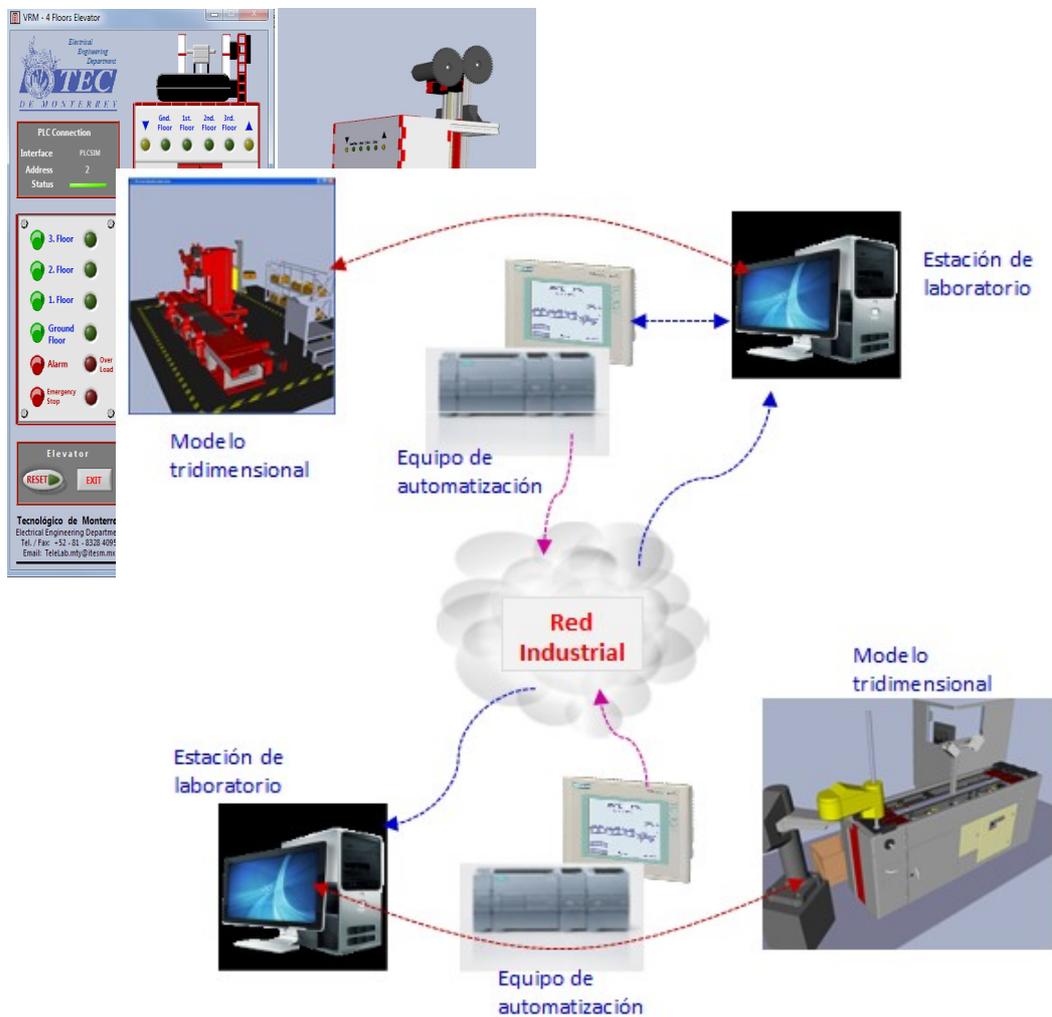


Figura 4: Arquitectura del laboratorio de realidad virtual

Los laboratorios de realidad virtual son plataformas tecnológicas para el desarrollo y realización de prácticas de automatización, redes industriales y control. Estas emplean dispositivos reales de control y están equipadas con máquinas de realidad virtual para la emulación de procesos.

Figura 3: VRM de un elevador de 4 pisos.

La Figura 4 define la arquitectura de estos laboratorios. El desarrollo de estas plataformas está basado en controladores programables de uso industrial para la automatización y control de sistemas de manufactura empleando VRM, cuyos sensores y actuadores están conectados a las entradas y salidas del dispositivo de control real.

Las plataformas constan de los siguientes elementos:

- Modelos computacionales en 3D para emular los procesos de automatización y control.
- Controladores Programables con módulos de entradas y salidas.
- Equipo de cómputo de alto desempeño con tarjetas aceleradoras de gráficos.
- Interfaces hombre-máquina como equipo de monitoreo y operación.

4.2 Distribución de estaciones de trabajo.

El equipamiento estándar para un laboratorio virtual (LV) consiste de 4 estaciones de trabajo interconectadas por diferentes redes industriales.

Las estaciones del laboratorio de realidad virtual están compuestas por el siguiente software y hardware:

- Software SIMATIC S7, WinnCC Flexible y los ejecutables de cinco máquinas de realidad virtual.
- Controlador PLC Siemens de la serie S7-300.
- Panel “Touch Screen” de Siemens para la interface hombre-máquina.
- Controlador de entradas/salidas distribuidas de Siemens.
- Computadora de escritorio equipada con tarjeta de video de alta resolución y tarjeta de comunicación PCI 5611.

La Figura 5 muestra la distribución de las cuatro estaciones en un laboratorio, así como, el equipamiento en cada una de las estaciones del laboratorio.

4.3 Redes de comunicación

El equipamiento de las cuatro estaciones del laboratorio presenta la versatilidad de estar comunicado mediante el uso de diferentes tipos de redes industriales. Esto permite a los estudiantes conocer, analizar y evaluar diferentes alternativas de comunicación de los equipos para poder controlar y monitorear diferentes procesos al mismo tiempo. A continuación se describen brevemente las redes industriales instaladas en el laboratorio.

4.3.1 Comunicación vía MPI/PROFIBUS

PROFIBUS es un protocolo de comunicación para redes de campo (**PRO**cess **FI**eld **B**us) y está basado en el modelo estándar internacional OSI. Esta red de campo es utilizada para transmisiones de información a alta velocidad y se emplea para comunicación entre varios autómatas programables y dispositivos de entradas/salidas distribuidos en una planta.

La Figura 6 presenta la comunicación de los equipos de las cuatro estaciones con el uso de una red industrial MPI/PROFIBUS. Con esta opción, se pueden realizar las siguientes conexiones de los equipos:

- a) Comunicación con protocolo MPI entre la PC y un PLC.
- b) Comunicación con protocolo MPI entre dos controladores programables S7-300.
- c) Comunicación con protocolo MPI entre 2 o más controladores programables S7-300.
- d) Comunicación con protocolo PROFIBUS DP entre dos controladores programables S7-300.



Figura 5: Distribución de las estaciones de automatización y equipamiento considerado por estación.

4.3.2 Comunicación vía PROFINET

PROFINET IO es un protocolo de Ethernet el cual permite el intercambio de información entre un controlador y uno o varios módulos de entradas/salidas de datos, los cuales están distribuidos en la planta. El uso de esta vía de comunicación permite extender los procesos industriales a zonas de trabajo más amplias permitiendo importantes ahorros en costos de instalación y en equipos de automatización.

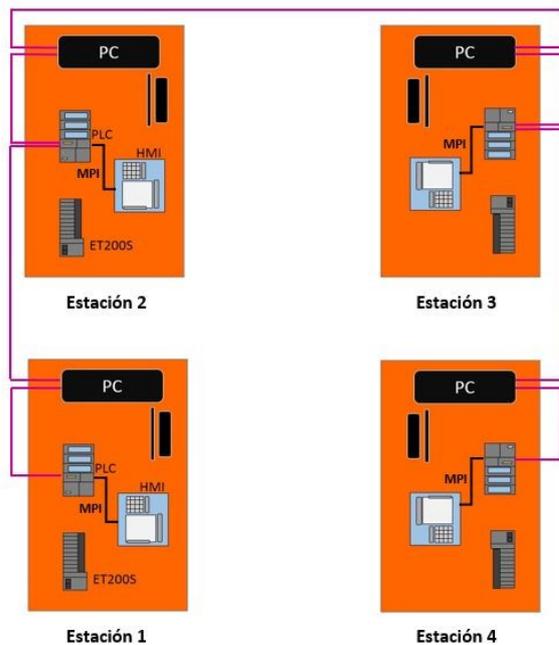


Figura 6: Comunicación de los equipos vía MPI/PROFIBUS

Los equipos de las estaciones del laboratorio se encuentran comunicados vía PROFINET, como se muestra en la Figura 7. Con esta opción, se pueden realizar las siguientes conexiones de los equipos:

- Comunicación con protocolo TCP/IP entre la PC y un PLC.
- Comunicación con protocolo TCP/IP entre dos controladores programables S7-300.
- Comunicación con protocolo TCP/IP entre el PLC y un sistema distribuido ET200S.
- Comunicación con protocolo TCP/IP entre el PLC y un panel HMI (Interface Hombre-Máquina).

5 Impacto del Laboratorio Virtual en las carreras de Ingeniería.

Los laboratorios de realidad virtual tiene un impacto directo en las siguientes carreras y materias:

Carrera de IMT:

- Informática Industrial, 2º semestre.
- Laboratorio de Automatismos Lógicos, 4º semestre.
- Redes Industriales, 7º semestre.
- Laboratorio de redes industriales, 7º semestre.
- Integración de Sistemas de Manufactura, 8º semestre.

Carrera de IIS:

- Sistemas Integrados de Manufactura, 7º semestre.
- Tópico de Automatización de Procesos, 9º semestre.

Adicionalmente, el laboratorio virtual es ideal para la preparación de talleres de automatización y control para alumnos candidatos a la carrera de IMT.

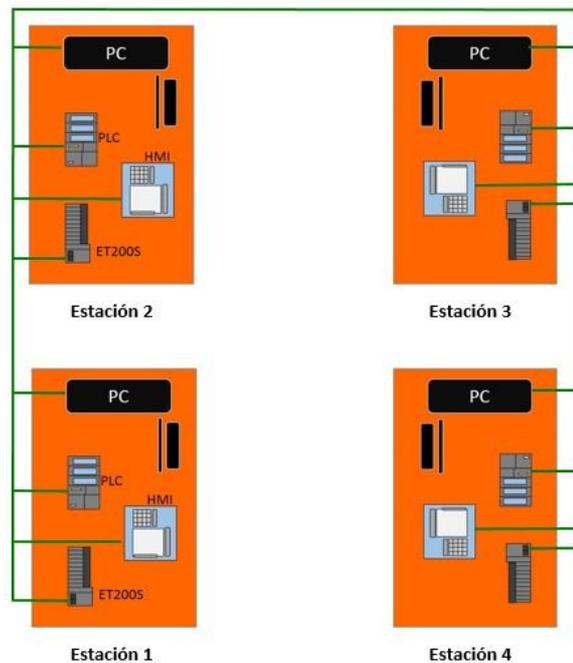


Figura 7: Comunicación de los equipos vía PROFINET

6 Conclusiones.

Este artículo presentó una iniciativa para el diseño, desarrollo e implementación de un laboratorio de automatización y redes industriales con equipo industrial y empleo de máquinas de realidad virtual. Las conclusiones de este proyecto son las siguientes:

- La implementación de este laboratorio de bajo costo es una opción muy atractiva para el equipamiento de Campus medianos y pequeños.
- Este proyecto permite fortalecer la red de inter-Campus de laboratorios remotos del sistema TEC de Monterrey.
- El diseño y desarrollo de nuevas máquinas de realidad virtual permitirá enriquecer el número de prácticas disponibles para los estudiantes.

- El proyecto resulta innovador y de gran impacto en los estudiantes de ingeniería por la diversidad de tecnologías implicadas en su desarrollo.

7 Agradecimientos.

Los autores ofrecen agradecimientos especiales a la Vicerrectoría Académica por el apoyo brindado para el desarrollo de este proyecto a través de su proyecto NOVUS- Fondo para la iniciativa en Innovación Educativa.

También agradecemos al Centro para la Innovación en Tecnología y Educación (InnovaTE) por las donaciones de equipo, como parte del proyecto de Laboratorios Remotos del Campus Monterrey.

8 Referencias

- [1] M.E. Macías, E. D. Guridi, “Emulation of Real Processes to Improve Training in Automation”, *Int. J. Engng Ed.*, Vol 25, 2, March 2009, pp 358-364.
- [2] E. Lindsay, D. Liu, S. Murray and D. Lowe, “Remote Laboratories in Engineering Education: Trends in Students’ Perceptions”, *Proceedings of the 2007 AaeE Conference*.
- [3] C. S. Tzafestas, N. Palaiologou, and M. Alifragis, “Virtual and Remote Robotic Laboratory: Comparative Experimental Evaluation”, *IEEE Transactions on Education*, Vol 49 No. 3, August 2006.
- [4] R. M. Felder, “Learning and Teaching Styles in Engineering Education”, *Engr. Education*, 78 (7), 674-681, 1988.
- [5] A. A. Kist and A. Maxwell, “Performance and Quality of Experience of Remote Access Laboratories”, *IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering*, August 20-23, 2012.
- [6] M. E. Macías and I. Méndez, “TeleLab-Remote Automations Lab in Real Time”, *38th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, October 22-25, 2008.
- [7] E. A. Salazar, M. E. Macías, “Virtual 3D Controllable Machine Models for Implementation of Automation Laboratories”, *39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, October 18-21, 2009.