



Universidad Popular Autónoma del Estado de
Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados

Investigación y Consultoría

Doctorado en Ingeniería Mecatrónica

“Control Remoto de Robots
y Procesos de Manufactura Industriales”

Tesis que para obtener el grado de

Doctor en Ingeniería Mecatrónica

Presenta

Rafael Castillo Ortega

Director de Tesis

Dra. María del Rubí Salazar Amador

Codirector de Tesis

Dra. Milka del Carmen Acosta Enríquez

Puebla, México

2014



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

H. Puebla de Z. a 31 de Octubre de 2014.

A QUIEN CORRESPONDA:
POSGRADOS UPAEP

Por este conducto, hago de su conocimiento que después de haber procedido a la revisión rigurosa y detallada de la Tesis denominada "**Control Remoto de Robots y Procesos de Manufactura Industriales**" que presenta el estudiante **Rafael Castillo Ortega** con número de matrícula 89500001 e inscrito en el Doctorado en Ingeniería Mecatrónica, como revisor, considero aprobada esta para su impresión.

ATTE.



Dra. María del Rubí Salazar Amador.
Directora de tesis



Dra. Milka del Carmen Acosta Enríquez.
Codirectora de tesis

DEDICATORIA.

A mi esposa **Gabriela** que con su apoyo, paciencia y amor juntos logramos culminar esta tesis y formar una hermosa familia.

A mis Hijas **Gabriela y Daniela** que las queremos mucho.

A mis Padres **Graciano (†) y Lucrecia**, por darme la vida, apoyo, dándome ejemplo del buen camino.

A **toda la familia** que nos ha apoyado.

AGRADECIMIENTOS.

A mi Directora de tesis **Dra. María del Rubí Salazar Amador** por la oportunidad de trabajar con usted. Muchas gracias por su enseñanza, su paciencia, su amistad y su apoyo que me han permitido concluir esta meta.

A mi Co-Directora de tesis **Dra. Milka del Carmen Acosta Enríquez** que sin su consejo, ayuda y amistad no hubiera podido redactar esta tesis.

A los alumnos **Néstor de Jesús Barraza Celaya** y **Eduardo de Jesús Llanes Estrada** que desarrollaron el software para el servidor LAMP utilizado en esta tesis y su asesor y director del CSTI **M.C. Jorge Franco Romero Aguilar**.

Al maestro **M.S.I. Víctor Hugo López Viera** por su asesoría en Labview.

Al **Dr. Ricardo Alberto Rodríguez Carvajal** Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial, que apoyó en todo momento para estudiar el doctorado y por su amistad.

Al **Dr. Jesús Leobardo Valenzuela García** Director de División de Ingeniería, por apoyarme para estudiar el Doctorado.

A la **Universidad de Sonora** por el apoyo económico para pagar mis estudios, becas y gastos que se generaron por el Doctorado.

Muchas Gracias.

ÍNDICE GENERAL

Página

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
I. 1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	2
I. 2 OBJETIVOS PRINCIPALES Y ALCANCES.....	2
I. 3 DISTRIBUCIÓN DE ESTE TRABAJO DE TESIS	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
II. 1 ESTADO DEL ARTE.....	5
II. 2 ORIGINALIDAD Y RELEVANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	41
II. 3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	41
II. 3.1 LABORATORIO REMOTO REAL.....	42
II. 3.2 ESCRITORIO REMOTO	42
II. 3.3 SOFTWARE LIBRE.....	43
II. 3.4 SOFTWARE SCADA.....	46
II. 3.5 SERVIDOR TIPO L.A.M.P.....	47
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	49
III. 1 INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	49
III. 2 DISEÑO TEÓRICO DEL PROTOTIPO	50
III. 2.1 DECISIÓN DE DISTRIBUCIÓN LINUX PARA SERVIDOR LAMP	50
III. 2.2 DECISIÓN DE SOFTWARE PARA ESCRITORIO REMOTO	53
III. 2.3 DECISIÓN DE HARDWARE A UTILIZAR PARA PROTOTIPO	57
III. 2.4 DECISIÓN DE SOFTWARE A UTILIZAR PARA PROTOTIPO	58
III. 3 CONCLUSIONES	59
CAPÍTULO IV. ESQUEMAS EXPERIMENTALES	60
IV. 1 INTRODUCCIÓN.....	60
IV. 2 DISEÑO FÍSICO DEL PROTOTIPO	60
IV. 2.1 EL LABORATORIO DE MANUFACTURA FLEXIBLE UPAEP.....	60
IV. 2.2 EL LABORATORIO DE ROBÓTICA Y MPS DE UNISON	74
IV. 3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	92

ÍNDICE GENERAL (Continuación)

Página

IV. 3.1 LABORATORIO UPAEP	116
IV. 3.2 LABORATORIO UNISON	116
IV. 4 CONCLUSIONES PARTICULARES.....	137
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES GENERALES.....	138
REFERENCIAS.....	141
ANEXOS	152
Evidencia de la productividad académica resultado de la tesis.....	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Fig. 1 Escritorio Remoto de Windows.	43
Fig. 2 Mapa Conceptual de los Tipos de Software.	45
Fig. 3 Vista General del Laboratorio de Manufactura Flexible de UPAEP.	60
Fig. 4 Robot F3 sobre una mesa de trabajo.	62
Fig. 5 Robot Tipo Gantry.	63
Fig. 6 Fresadora CNC.	63
Fig. 7 Camaras IP.	64
Fig. 8 Página de Inicio.	65
Fig. 9 Página de Reservación 1.	65
Fig. 10 Página de Reservación 2.	65
Fig. 11 Página para elegir el Laboratorio.	66
Fig. 12 Página para elegir el equipo de Laboratorio 1.	66
Fig. 13 Página para elegir el equipo del Laboratorio 2.	66
Fig. 14 Página para control remoto Robot 1.	66
Fig. 15 Página para control remoto Robot 2.	67
Fig. 16 Ejemplos de Teach Pendant INDUSTRIALES.	69
Fig. 17 Teach Pendant para el Robot F3.	69
Fig. 18 Prototipo para dispositivo de Control.	70
Fig. 19 Diagrama de Flujo.	73
Fig. 20 Diagrama lógico UPAEP.	74
Fig. 21 Robot FANUC arc mate 100i.	75

ÍNDICE DE FIGURAS (Continuación)

Fig. 22 Cinco MPS de UNISON.....	75
Fig. 23 Cinco MPS.	75
Fig. 24 Primer MPS Estación de Distribución.....	76
Fig. 25 Segundo MPS Estación de Verificación.	77
Fig. 26 Tercer MPS Estación de Procesamiento.....	78
Fig. 27 Cuarto MPS Estación de Manipulación.	79
Fig. 28 Quinto MPS Estación de Clasificación.	80
Fig. 29 Cámara IP.	82
Fig. 30 Página de Inicio.....	83
Fig. 31 Página de Reservación 1.	83
Fig. 32 Página de Reservación 2.	84
Fig. 33 Página para elegir el equipo.....	84
Fig. 34 Página para elegir el equipo.....	85
Fig. 35 Página para control remoto Robot FANUC.	85
Fig. 36 Página para control remoto MPS 3.....	86
Fig. 37 Vista posterior Teach Pendant.	87
Fig. 38 Vista Frontal del Teach Pendant.	87
Fig. 39 Descripción de funciones del teclado del Teach Pendant.	87
Fig. 40 Prototipo del proyecto.....	88
Fig. 41 Diagrama de flujo del Algoritmo de Control.	90
Fig. 42 Diagrama Lógico de UNISON.	91
Fig. 43 PROTOTIPO MECATRÓNICO.	92

ÍNDICE DE FIGURAS (Continuación)

Fig. 44 PROTOTIPO MECATRÓNICO CON CORREA DENTADA Y ENGRANES, MECANISMO DE UNA IMPRESORA DE 15 PULGADAS DE MATRIZ DE PUNTOS.	95
Fig. 45 PROTOTIPO MECATRÓNICO CON TORNILLOS DE ROSCA COMÚN.	96
Fig. 46 PROTOTIPO MECATRÓNICO CON TORNILLOS CON ROSCA TIPO acme.	96
Fig. 47 Prototipo Mecatrónico sin tracción	100
Fig. 48 Arduino UNO con 6 entradas analógicas, 6 salidas digitales y 6 salidas con PWM	101
Fig. 49 PCB para Drivers para motores a pasos de los ejes XYZ	101
Fig. 50 PCB para Buffers de las salidas de puertos digitales para activar Motores a pasos.....	102
Fig. 51 PCB Para las entradas analógicas para los sensores de Límites inferior y superior de cada Eje y monitoreo de salidas del Arduino.....	102
Fig. 52 Motores a pasos uno por cada eje XYZ.	102
Fig. 53 Programación de cámara IP en Labview.....	106
Fig. 54 Inicialización de ARDUINO.....	107
Fig. 55 Primer ventana de la estructura Flat Sequence del programa Labview con Arduino.	107
Fig. 56 Segunda ventana	108
Fig. 57 Tercera ventana.	109
Fig. 58 Cuarta ventana.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS (Continuación)

Fig. 59 Quinta ventana	110
Fig. 60 Sexta ventana	110
Fig. 61 Séptima ventana.	111
Fig. 62 Vista de las ventanas	111
Fig. 63 ventana se regresa el eje Y	112
Fig. 64 ventana se regresa el eje X	112
Fig. 65 ventana cierra el puerto y espera a que el motor se detenga.....	113
Fig. 66 ventana, se cierra el ARDUINO y fin.	113
Fig. 67 Panel de Control del programa en Labview.....	114
Fig. 68 Panel de Control del programa en Labview simplificado	114
Fig. 69 Panel de Control del programa en Labview con cámara web y cámara IP	115
Fig. 70 Sistema de Coordenadas Cartesianas Espaciales.....	117
Fig. 71 Regla de la Mano Derecha.....	118
Fig. 72 Sistema de Coordenadas	119
Fig. 73 Robot Cartesiano eje de coordenadas	120
Fig. 74 Robot Cartesiano de Pórtico con sus ejes de coordenadas	120
Fig. 75 Ejes de Coordenadas	121
Fig. 76 Orientando los ejes de coordenadas en el Teach Pendant	121
Fig. 77 Teach Pendant con sus ejes de coordenadas.....	122
Fig. 78 Teach Pendant del Robot CRS F3, co su marco de referencia.....	122
Fig. 79 Teach Pendant con sus ejes de coordenadas.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS (Continuación)

Fig. 80 Midiendo el Teach Pendant.....	123
Fig. 81 Escritorio de PC con el programa Labview y la cámara Web instalada en el prototipo.	130
Fig. 82 Prototipo Mecatrónico Final.....	131
Fig. 83 Pruebas de conectividad con 2 equipos de cómputo enlazados con Teamviewer.....	131
Fig. 84 Prueba de conexión y monitoreo por medio de una TV.....	132
Fig. 85 Prueba de Velocidad de enlace Wireless en la Unisón.	132
Fig. 86 Prueba de Velocidad de enlace Wireless en la Unisón final.....	133
Fig. 87 Prueba de Velocidad de enlace Wireless en mi casa.....	133
Fig. 88 Prueba de Velocidad de enlace Wireless en mi casa final.	134
Fig. 89 Prueba de Velocidad de conexión con cable UTP en mi casa.	134
Fig. 90 Prueba de Velocidad de enlace UTP en mi casa.	135
Fig. 91 Prueba de Velocidad de enlace UTP en mi casa con otro software.....	135
Fig. 92 Prueba de Velocidad de enlace UTP en mi casa con otro software 2.	136
Fig. 93 Prueba de Velocidad de enlace UTP en mi casa con otro software 3.	136
Fig. 94 Arduino MEGA 2560.....	152
Fig. 95 Comparación de ARDUINO MEGA 2560 vs ARDUINO UNO.	152

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Página
Tabla 1 Clasificación de Laboratorios.	42
Tabla 2 Software SCADA con nombre comercial y Fabricante.	47
Tabla 3. Comparativa de Distribuciones LINUX para Servidores.	51
Tabla 4. Matriz de Teclado.	72
Tabla 5. Matriz de giros por avanzar.	72
Tabla 6 Matriz del Teclado FANUC.	88
Tabla 7 Comparativa entre sistemas de tracción	98
Tabla 8 Sistemas MKS, CGS y FPS.	116
Tabla 9 Matriz de Interruptores del Teach Pendant.	124
Tabla 10 Cálculos de distancia y tiempos.	125
Tabla 11 Calculo de Distancias desde Home a cada Interruptor.	126
Tabla 12 Calculo de tiempos desde home a cada interruptor	126
Tabla 13 Numero de pasos para alcanzar cada interruptor	127

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se expone el contexto de la presente tesis doctoral que contempla el control remoto de robots y procesos de manufactura industriales, con que actualmente cuenta la UPAEP, con la intención de dar el servicio a las materias por videoconferencia de Posgrados. Actualmente se utilizan en modo presencial únicamente, nos centraremos en el laboratorio de Manufactura flexible que tiene 2 robots industriales y 3 procesos de manufactura: almacén cartesiano, banda transportadora y Enlatadora, aunque existen más robots industriales y procesos de manufactura en otros laboratorios.

Los robots industriales en mención tienen un control por hardware y software propietario que está instalado en unas PC que cuentan con Windows XP y que corren un sistema operativo llamado CROS muy parecido al MS-DOS que es anterior a Windows.

Los procesos de manufactura tienen un control por PLC's que a su vez están conectados vía Ethernet con una PC con Windows XP y con software propietario S7 de la empresa SIEMENS.

El proyecto consiste en que las PC que controlan los robots y los procesos de manufactura se puedan acceder por usuarios que están tomando clases por videoconferencia a distancia a través de Internet y puedan realizar prácticas con los robots y procesos de manufactura industriales desde su lugar de origen por medio

de nombre de usuario y una contraseña, por medio de un equipo de cómputo y el internet y puedan monitorear por medio de una cámara IP los movimientos que ejecutan los robots industriales.

Los robots y procesos de manufactura industriales son equipos bastante costosos que necesitan muchos requerimientos especiales tales como: un espacio adecuado, energía eléctrica especial, equipo de cómputo, etc. Y sería de mucha utilidad para los alumnos a distancia que puedan utilizar esos recursos para su educación.

El control a distancia de robots industriales se puede realizar con diferentes métodos pero deseamos obtener una solución de una manera lo más económica posible, pero con toda la seguridad que se requiere ya que son equipos industriales que pueden dañarse o dañar a otros equipos o usuarios dentro del laboratorio si no se toman las precauciones debidas.

I. 1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Primero deseamos plantear la idea de la investigación desarrollando: los objetivos, alcances de investigación y justificación de la misma.

I. 2 OBJETIVOS PRINCIPALES Y ALCANCES

El presente proyecto de investigación se ubica en el área de control a distancia de robots y procesos de manufactura industriales, donde se pretende realizar aportaciones teóricas y sus potenciales aplicaciones para otros laboratorios.

Objetivo General

Diseñar un control a distancia para robots y procesos de manufactura industriales

Objetivos particulares teóricos

- Proponer una metodología de diseño para el control a distancia para robots y procesos de manufactura industriales.
- Extender la propuesta de diseño para otros laboratorios, en teoría únicamente.
- Presentar los resultados en una revista internacional del área

Objetivos particulares tecnológicos

- Realizar la programación necesaria para controlar a distancia los robots y procesos de manufactura Industriales.
- Seleccionar de entre varios métodos de solución la opción más viable.
- Implantar en el laboratorio de Manufactura flexible dicha metodología para su utilización con usuarios a distancia

I. 3 DISTRIBUCIÓN DE ESTE TRABAJO DE TESIS

En el Capítulo I INTRODUCCIÓN, está dedicado a los antecedentes y justificación, los objetivos principales y alcances, finalmente la distribución de este trabajo de Tesis.

En el Capítulo II MARCO TEÓRICO está dedicado a la descripción el estado del arte con respecto a los laboratorios remotos reales que otros autores han

investigado, y haremos énfasis en la originalidad y relevancia de la investigación de nosotros, para lo cual definiremos términos básicos para la misma como son: Laboratorio Remoto Real, Escritorio Remoto, el software Libre, el software SCADA y un servidor Tipo LAMP.

En el Capítulo III MARCO METODOLÓGICO, está dedicado a la descripción de la metodología de la investigación, y como se diseñó el prototipo de manera teórica en donde tomaremos decisiones cruciales para el mismo como son: que distribución de Linux se usará para el servidor LAMP, que software usaremos para el escritorio remoto, que hardware utilizaremos para el prototipo y el software de igual manera

En el Capítulo IV ESQUEMAS EXPERIMENTALES, está dedicado al diseño físico del prototipo de los dos laboratorios: el de manufactura flexible de UPAEP y el de Robótica y Mecatrónica avanzada de UNISON. Nos referimos a las páginas diseñadas, al dispositivo que controlará el Teach Pendant y su diagrama de flujo culminando con el diagrama lógico del prototipo de cada uno de ellos.

En el Capítulo V CONCLUSIONES GENERALES, se presentan nuestras conclusiones, a continuación siguen las referencias utilizadas, anexos y por ultimo las evidencias de la productividad académica resultado de la tesis.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo veremos lo que otros autores han publicado al respecto de Laboratorios Remotos y después vamos a tratar la originalidad y relevancia de la investigación, finalizando con la definición de términos básicos para la investigación.

II. 1 ESTADO DEL ARTE

Aquí recopilamos cronológicamente la creación y desarrollo de los laboratorios remotos, es obvio que sin internet no puede existir un laboratorio remoto, el internet hizo su aparición a principios de la década de los 80's, pocas universidades y centros de investigación lo tenían a medida que fue aumentando el ancho de banda del internet a principios de los 2000's se puede decir que empezaron a surgir propuestas sobre la creación de Laboratorios Remotos es el caso de (Shen et al., 2000) que en su artículo "Módulos de Bajo Costo para la educación a distancia en Ingeniería: Realizar experimentos de laboratorio por internet" nos ofrece las bases de cómo hacer un laboratorio remoto el AIM-Lab, con su página web, posteriormente (Casini et al. , 2001) nos presenta el TeleLab Control Automático (ACT por sus siglas en Inglés) también con su página web. Posteriormente (Gustavsson, 2002) en su artículo de "Enseñanza de Experimentos de Laboratorio Remoto en Ingeniería Eléctrica" nos muestra el Laboratorio Remoto instalado en BTH (Blekinge Institute of Technology) En el cual utiliza equipo de National Instruments junto con su software para los experimentos. Desde ese tiempo se desata la polémica de cuál sería la mejor forma de enseñar ingeniería mediante un laboratorio Virtual o un Laboratorio Remoto (Nedic et al. , 2003) en su artículo "Laboratorios remotos versus

laboratorios virtuales y reales” y nos presenta el Laboratorio: NetLab que por sus interfaces gráficas para el usuario ofrece todas las ventajas de un laboratorio Real, nos expone las ventajas y desventajas de los dos tipos de laboratorios con respecto a un laboratorio Real de experimentación. Por su parte (Fujita et al, 2003) en su artículo “Laboratorio Remoto” en el que utiliza una configuración de varios servidores distribuidos y le adiciona un “modulo inteligente”, posteriormente (Imbrie y Raghavan, 2005) nos exponen un e-Laboratorio para estudiantes para la investigación, manipulación y aprendizaje, El laboratorio permite a los estudiantes observar y controlar una configuración física de un experimento de flujo de fluido de múltiples tubería a través de la Internet y para predecir y analizar los resultados

Por su parte (Fujii y Koike, 2005) Un nuevo sistema de laboratorio remoto para el aprendizaje de diseños de hardware y experimento de circuitos digitales, creando una red privada virtual para acceder al servidor de licencias accedendo por un cortafuego con una configuración de cliente enriquecido permite que el servidor se concentre en las tareas de gestión de servicios, tales como gestiones de recursos de hardware. (Fujii y Koike, 2005) en su artículo “Laboratorio Remoto de Tiempo Compartido para diseño de hardware y experimentos con recursos compartidos y administración del servicio” en el que optimiza el sistema del laboratorio remoto compartiéndolo con varios usuarios a la vez, ya que cada usuario lo utiliza una pequeña cantidad de tiempo y el resto se desperdicia.

(Tzafestas et al., 2006) “Laboratorio Robótico Virtual y Remoto: Comparativo de la Evaluación experimental” En este trabajo se describe el desarrollo y evaluación experimental de una plataforma de e-laboratorio en el campo de la robótica. El sistema en su configuración actual está diseñado para permitir la formación a

distancia de los estudiantes en escenarios reales de programación de robot manipulador, utiliza en la misma página una cámara web para ver el robot real y un simulador de software controlado por una computadora, se adiciona también un Teach Pendant virtual para el control del mismo, pero no manipulan el teach pendant real.

(Agrawal y Srivastava, 2007)” WebLab: Una arquitectura genérica para laboratorios remotos” Propone un Web basado en arquitectura de 3 capas (WebLab) que proporciona acceso compartido por lotes a los experimentos a través de redes de bajo ancho de banda para maximizar la utilización del laboratorio, es decir utiliza un WebLab server y un Lab Server ambos conectados a internet para la administración de los usuarios.

(Sumper et al., 2007)” Educación de Calidad de Energía usando un laboratorio de monitoreo remoto” El presente trabajo describe cómo en la educación de calidad de energía se pueden utilizar laboratorios remotos con el fin de crear la práctica acerca de tutoriales de laboratorio para el control de calidad de energía.

(Murtra et al., 2007) “Una propuesta de laboratorio remoto para entrenamiento a distancia de aplicaciones robóticas” En este trabajo se describe el desarrollo de un laboratorio remoto en el área de la ingeniería automática y robótica. El laboratorio se basa en una plataforma educativa en torno a un brazo robótico que permite emular un laboratorio práctico en el que los estudiantes de ingeniería pueden confirmar sus resultados teóricos comparándolos con los caminos reales trazadas por el robot. Por lo tanto, el trabajo de investigación presentado en el artículo se dirige a la adaptación de los conceptos en el campo de la robótica y el control en un laboratorio remoto, lo controlan mediante una computadora, no tiene teach pendant.

(Hercog et al., 2007) “Laboratorio de control remoto basado en DSP” En este trabajo se presenta un marco para la rápida implementación de experimentos remotos en el campo del control automático. La solución propuesta se basa en el hardware incrustado local desarrollado de control y dos paquetes de software disponibles en el mercado. MATLAB / Simulink se utiliza para el desarrollo de algoritmos de control de experimento rápido, mientras que Labview se utiliza para el usuario front-end y el control remoto.

(Casini et al., 2007)” Laboratorios Remotos operando a través de un dispositivo bootable” En este trabajo, se informó de una técnica basada en el uso de un dispositivo de arranque (en vivo) en el lado del servidor de un laboratorio remoto. Esta solución, que, en principio, puede ser utilizado en casi cualquier laboratorio remoto, permite a un administrador reducir considerablemente el tiempo que se necesita para arreglar un fallo de hardware / software, así como para añadir un nuevo proceso para el laboratorio de una manera más rápida.

(Uran et al., 2007)” Laboratorio de control remoto con el sistema de reservas con Moodle” Con el fin de mejorar el aprendizaje de diseño de control, minimizar la brecha entre la teoría y la práctica y sobre todo para apoyar el aprendizaje, se construyó el laboratorio de control remoto basado en labview y varios DSP. En este trabajo se describe un sistema de reservas basado en Moodle para nuestro laboratorio remoto y también un poco de seguridad informática.

(Möller et al., 2008)” PLC de control basado en experimentos de laboratorio remoto” El diseño de un laboratorio remoto supone la búsqueda de soluciones a los problemas relativos a los requisitos técnicos y de seguridad, así como la integración en un entorno general de aprendizaje a distancia. Como se ha mencionado el PLC

(controlador lógico programable) de control basado en experimentos de laboratorio a distancia es una solución muy compleja, sin embargo, ofrece algunas ventajas en el laboratorio remoto para accionamientos eléctricos.

(Rojko et al., 2008)” Aspectos educativos para el diseño del curso de control mecatrónico para un laboratorio remoto colaborativo” Este documento aborda los aspectos educativos de un curso de control mecatrónico de educación a distancia, que es uno de los 18 cursos que componen un laboratorio remoto de colaboración internacional diseñado para los estudiantes de ingeniería eléctrica. El trabajo se lleva a cabo en el marco del proyecto europeo Leonardo da Vinci EDIPE distancia aprendizaje práctica interactiva con el objetivo de ofrecer cursos experimentales basados en Web a los estudiantes de 11 países que participan en el proyecto.

(El-Medany, 2008)” Laboratorio remoto para hardware FPGA cursos en e-learning” En este trabajo se describe la arquitectura de un laboratorio remoto de hardware basado en el uso de matriz de puertas programables de campo (FPGA) juntas de desarrollo de hardware de diseño digital de circuitos electrónicos. El laboratorio remoto FPGA introducido es adecuado para la entrega de cursos de diseño digital como cursos de e-learning completos. Al utilizar el laboratorio remoto FPGA los estudiantes pueden acceder de forma remota el laboratorio FPGA a través de la Internet, ya sea mediante el uso de la conexión remota Microsoft XP o a través de una página web que tiene las instalaciones de la configuración del chip FPGA en línea mediante el envío de la corriente de bits a través de la Internet a la PC del laboratorio que está conectado a través de Internet a la PC del laboratorio que está conectado a través del puerto USB a la tarjeta FPGA.

(Marques et al., 2008) "Diseño e implementación de un laboratorio remoto reconfigurable, usando un osciloscopio/PLC con una red de acceso WWW" El objetivo de este trabajo es presentar un laboratorio remoto en el contexto de la educación de la electrónica de potencia. Las nuevas tecnologías y los avances son educadores de peso para reflexionar profundamente sobre los medios tradicionales de enseñanza. Planes de estudio modernos requieren nuevas formas de concepción y aplicación de enfoques pedagógicos innovadores. A menudo, estos nuevos enfoques pedagógicos requieren nuevas realizaciones tecnológicas. A pesar de que cada vez más se están utilizando e-learning en las instalaciones de enseñanza de la ingeniería, a menudo, se basan en simulaciones y / o emulaciones de los laboratorios virtuales. En este trabajo se presenta una instalación de laboratorio remoto que permite a los estudiantes para llevar a cabo la electrónica de potencia real los experimentos reconfigurables a través de Internet, la promoción de un aprendizaje más eficiente a través de la operación de la automatización industrial en línea con los servicios de Internet y WWW.

(Jeschke et al., 2009)" Robótica como Demostrador Disciplina para Laboratorios Virtuales y Remotos en red" Basado en la plataforma BW-eLabs, el objetivo de la NETLABS es el desarrollo de un portal de software ubicuos, permitiendo a los investigadores se mueven hacia atrás y hacia adelante entre las superestructuras y simulaciones experimentales relacionados entre sí en un espacio de conocimiento en 3D. Robótica - como una de las más importantes tecnologías clave del siglo 21 - se encuentra en una necesidad especial de "apoyo a la infraestructura virtual" debido a su costo-beneficio. Los entornos en los que estos sistemas pueden ser examinados en un tanto, así como una manera realista de simulación son múltiples.

Debido a la accesibilidad de las diferentes aplicaciones de robótica, nuevos ensayos se pueden probar más rápido ya un precio razonable. En NetLabs, un modelo de rol y basado en los derechos se desarrolla, lo que permite el acceso a los experimentos o datos medidos. Los componentes necesarios están integrados en 3D Wonderland engine.

(Cmuk et al., 2009)” MILAGRO-Modelo de Integración de Laboratorios Remotos en cursos que utilizan Laboratorio y e-Learning Sistemas” El modelo MILAGRO se basa en resultados de la encuesta, el diseño instruccional, y las buenas prácticas de e-learning, y como tal, este modelo trae satisfacción, aumenta la eficacia y la motivación, y hace cursos de ingeniería eléctrica que apelan a los estudiantes. El surgimiento de los sitios web que permiten a los usuarios participar fácilmente en la creación de su contenido se trasladó individuos en una escala pocas veces vista antes. Web 2.0 transforma el lector pasivo en un usuario activo y millones de usuarios se introducen en una comunidad antes reservado sólo para profesionales.

(Li y Nie ,2009)” Laboratorio de control remoto basado en Labview” En este trabajo se estudió un sistema de control remoto basado en Labview y ZLG tarjeta CAN PCI-5110, en el que los estudiantes podrían realizar experimentos de control remoto de laboratorio a través de la Internet. Debido al hecho de que el internet se vuelve más integrado en nuestra vida cotidiana, varios han surgido posibilidades de utilizar este costo-efectiva en todo el mundo estándar para la distribución de datos. National Instruments Labview está disponible para publicar los datos desde el desarrollo entorno a la Web.

(García-Zubia et al., 2009)” Direccionamiento del impacto del software en el Diseño de Laboratorios Remotos” Los Laboratorios o WebLabs remotos constituyen un

recurso didáctico de primer orden en las facultades de ingeniería. Sin embargo, en muchos casos, carecen de un diseño de software adecuado, tanto en el lado del cliente y el servidor, que degrada su calidad y utilidad académico. Este artículo presenta las principales características de un laboratorio remoto, se analizan las tecnologías de software para implementar los lados de cliente y servidor en un WebLab, y se correlaciona estas tecnologías con las características para facilitar la selección de una tecnología para implementar un WebLab. Los resultados obtenidos sugieren la adopción de un enfoque basado en la Arquitectura Orientada a Servicios-Laboratorio para el diseño de futuros laboratorios remotos a fin de que estén habilitados en el cliente agnóstico Laboratorios remotos y composición Laboratorio Remoto. Muy buen artículo tiene 44 citas.

(Aydogmus y Aydogmus, 2009)” Un laboratorio de acceso remoto basado en Web Usando SCADA” En este trabajo se presenta un laboratorio de acceso remoto en tiempo real basado en la Web usando SCADA (control de supervisión y adquisición de datos) de control, La interfaz web se ha diseñado utilizando Visual Studio con ASP.NET, las gráficas son bastante buenas.

(Huazhong et al., 2010)” Desarrollo de un laboratorio de control de procesos a distancia utilizando el software de configuración” El sistema de laboratorio incluye portal de laboratorio, servidor web y sistema de control de proceso con los dos instrumentos del controlador lógico y de control programables como el controlador. Universidad del Este de China de Ciencia y Tecnología, Shanghái, China.

(Gao, 2010)” Desarrollo de un Laboratorio Remoto para experimentos de control de procesos” Basado en el software de configuración y su aplicación extendida, se investigó cinco temas de diseño esenciales: especificación de requisitos,

arquitectura de sistemas, implementación de sistemas, diseño de interfaz de supervisión, la comunicación entre el servidor y el cliente. El desarrollo de sistema de experimentación remota con el software de configuración no requiere lenguaje de programación generalizada. Simplifica el proceso de desarrollo y ahorra inversión experimental. El laboratorio remoto suministra a los estudiantes con un entorno integrado de control del dispositivo real en el sitio remoto y la realización de los experimentos reales a través de una red informática. En el laboratorio a distancia, los estudiantes pueden recibir capacitación en prácticas de ingeniería mediante el intercambio de los instrumentos y equipos costosos. Muy sencilla la implementación.

(Cagiltay et al., 2010)” Principios para el Diseño de un Laboratorio remoto: Un estudio de caso sobre ERRL” Este artículo discute los resultados de un estudio de los requisitos para el desarrollo de un laboratorio de radiofrecuencia a distancia (RF) para los estudiantes universitarios. Este estudio se basa en las perspectivas de los estudiantes de la universidad, el departamento de ingeniería eléctrica. Los resultados se basan en un estudio de investigación establecida por 111 estudiantes de ingeniería de Francia, Alemania, Rumania y Turquía. Teniendo en cuenta los resultados desarrollados hasta el momento, algunos principios que deben tenerse en cuenta al diseñar y desarrollar un laboratorio como se han propuesto. Como estudio de caso Hicieron encuestas a los estudiantes y de lo que respondieron hicieron las páginas web.

(Cabrera et al., 2010)” GILABVIR: Laboratorios virtuales y laboratorios remotos en ingeniería: Un grupo interesado en la innovación en la enseñanza” GILABVIR (Grup d'interès en Laboratorios Virtuales y Remots) es un Grupo de Laboratorio virtual y

remoto recientemente creado de interés en la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) y se integra en un proyecto más general de innovación docente: RIMA. RIMA ha sido desarrollado para promover la investigación en el uso de metodologías de aprendizaje innovadoras aplicadas a la enseñanza de la ingeniería y que ha sido especialmente creado para evaluar en el nuevo proceso de adaptación europeo de educación superior.

(Junfeng et al., 2010)” Sistema de Gestión de Datos de Laboratorio Remoto Con base en Labview” En vista de la deficiencia de la mayoría de las herramientas de programación en la conexión de una base de datos profesional y la manipulación de datos difícilmente, se aplica un método para realizar las visitas de intercambio entre Labview y base de datos, y actualiza las visitas de intercambio.

(Tawfik et al., 2012)” En el diseño de los Laboratorios Remotos: Un estudio sobre las Tecnologías de Software Lab Server” En este trabajo se presenta un estudio a fondo sobre las tecnologías de software de servidor de laboratorio disponibles para el diseño de laboratorios remotos. El documento se centra en las tecnologías pendientes comunes aplicados para este propósito, tales como Labview y MATLAB. Las direcciones de papel también en otras soluciones, como lenguajes de alto nivel de programación, por ejemplo, C / C ++ y lenguajes .NET, señalando las ventajas, limitaciones y aplicaciones de cada uno.

(Lindsay et al., 2011)” Un juego de herramientas para el diseño y desarrollo Laboratorio Remoto” Con el fin de hacer que los laboratorios remotos en una tecnología dominante, es esencial que los usuarios potenciales académicos están bien informados y bien apoyados en la consideración de los laboratorios remotos.

Hay algunos sistemas bien desarrollados y bien establecidos para el control de los equipos de forma remota; Lo que ha faltado ha sido el andamiaje organizativo para facilitar la participación de los académicos. Este documento informa sobre un kit de recursos desarrollados por el proyecto australiano Labshare que ofrece esta asistencia. Este kit de recursos tiene por objeto proporcionar los académicos con los recursos, la información y las herramientas que necesitan para empezar a trabajar con laboratorios remotos - la construcción de ellos, que los utilizan, y la comprensión de sus resultados educativos.

(Limpraptono et al., 2011)” EL DISEÑO DE servidor Web incorporado PARA LABORATORIOS REMOTOS EXPERIMENTO DEL SISTEMA MICROCONTROLADOR” En este trabajo se presenta un servidor web incorporado basado en el laboratorio remoto con un nuevo diseño para sistemas de microcontrolador prácticos. Este sistema tiene varias ventajas en comparación con el laboratorio remoto tradicional basado en servidor de computadora, que son de pequeño tamaño, bajo consumo de energía, bajo costo y fácil instalación y mantenimiento. Se Diseñó un servidor web incorporado utilizando un microcontrolador 8 bits AT89S52. El servidor web es el mismo solo se cambió el servidor de cada computadora por otro más pequeño.

(Perez-Martinez et al., 2011) “Sistema de protección eléctrica para un Laboratorio Remoto” En este trabajo se presenta una e-laboratorio de protecciones eléctricas que emula la estructura y las condiciones de una red de distribución. Este laboratorio se utiliza para realizar actividades prácticas en asignaturas de grado y master y cursos profesionales que se ocupan de las protecciones eléctricas, automatización y comunicaciones.

(Baca et al., 2011)” Laboratorio remoto para sistemas digitales” Laboratorio remoto crea una posibilidad para manejar las funciones de configuración, control y pruebas de los equipos de laboratorio a través de un modelo de comunicación cliente-servidor. Las soluciones crean condiciones para la organización virtual ejercicios de laboratorio dentro del servicio de e-learning del Laboratorio de Ingeniería Informática de la Universidad Técnica de Košice. Se trata de un trabajo con el sistema lógico real y unidades informáticas funcionales

(Masar et al., 2011)” Diseño de un Laboratorio Remoto fácilmente reconfigurable” Laboratorios virtuales juegan papel importante en el concepto de universidad virtual, especialmente en los campos de ingeniería orientada de estudio. Ellos contribuyen a la extensión de los cursos por la experimentación práctica y "contacto con la realidad", lo cual es muy importante para los ingenieros que esperan. Existen muchos laboratorios virtuales realizados en los últimos años, pero muy a menudo se trata de aplicaciones sólo aislados, diseñados para la tarea específica. En nuestra contribución, se presenta la arquitectura laboratorio virtual utilizado para el control en tiempo real y la experimentación, que es fácil re-configurable que puede ser utilizado para diversos experimentos. Tres laboratorios virtuales ya realizadas se proporcionan como estudios de caso.

(Bistak, 2011)” Laboratorio Remoto el servidor basado en Java con una interface de Matlab” Este artículo trata del diseño del servidor para los laboratorios remotos adecuados para fines de control. Por lo general, un algoritmo de control se ejecuta en un PC con Matlab que realmente controla la planta real. Este es el lado del servidor. El servidor está escrito en el lenguaje de programación Java y se ejecuta como un objeto de máquina virtual Java de Matlab. Dado que los sistemas reales

de nuestros laboratorios remotos se controlan directamente desde el Matlab todos los comandos y los datos se almacenan en el Matlab. Entonces, si el servidor Java también se ejecuta directamente en el entorno Matlab no hay ningún problema con el intercambio de datos.

(Kaluz et al., 2011)” Laboratorios Virtuales y Remotos en el Proceso de Educación en FCFT UTI” En este trabajo se describe el progreso en el desarrollo de laboratorios virtuales y remotos en el Departamento de Información Ingeniería y Control de Procesos, FCFT UTI en Bratislava. El artículo es el resumen de las soluciones técnicas utilizadas para la línea con fines educativos. Estos comprenden tecnologías de software, la mayoría comúnmente utilizado en el diseño de laboratorio virtual y remoto en nuestra departamento, como MATLAB Web Server, Java, C / C ++, y Adobe Flash.

(Samuelsen, 2011)” Laboratorio remoto servo avanzado para el control de máquinas eléctricas” En este laboratorio remoto que se presenta aquí se utiliza principalmente para la siguiente dos propósitos: primero, para crear un ambiente controlado donde actividades colaterales no deseados como la configuración de hardware, problemas con los controladores, solución de problemas de los componentes defectuosos, y luchas con especial software para la configuración de los sistemas DSP, se eliminan tanto como posible, a fin de que los estudiantes tengan su plena atención a la tareas que relevante en el módulo: el modelado de la no-lineal sistemas, sintonización de controladores, y la estabilidad y análisis de rendimiento. En segundo lugar, para reducir significativamente la configuración y el costo de mantenimiento asociado con configuraciones complejas de laboratorio involucrando DSP y hardware costoso.

(Guerra et al., 2011)” PortableLab: Implementación de un Laboratorio remoto móvil para la plataforma Android” El aprendizaje móvil ha estado recibiendo cada vez más atención de diversas conferencias y publicaciones. La atención está bien merecido, ya que, si se aplica correctamente, constituye una eficiente herramienta complementaria a los métodos tradicionales de aprendizaje. Siguiendo esta idea, presentamos PortableLab, un sistema de aprendizaje móvil que integra una aplicación desarrollada para dispositivos móviles con sistema operativo Android de Google.

(Guimaraes et al., 2011)” Diseño e Implementación Asuntos para Laboratorios Remotos modernos” El diseño y la implementación de laboratorios remotos presentan diferentes niveles de complejidad de acuerdo con la naturaleza de la equipos operados por el laboratorio remoto, los requisitos impuestos a los ordenadores con el acceso, la red que une al usuario el laboratorio, y el tipo de experimentos apoya el laboratorio. En este trabajo se aborda el diseño y la aplicación de control remoto laboratorios que emplean tecnologías web, tanto en el cliente y el lado servidor. Estos tipos de laboratorios remotos se llaman WebLabs, y se puede implementar a través de distintas redes como Internet público, redes de todo el campus, o privada de alta velocidad redes. Aunque la mayoría de los trabajos publicados sobre WebLabs centrarse en sus aspectos funcionales y operativos, los requisitos no funcionales relacionados con la seguridad, calidad de servicio, y el funcionamiento federado de WebLabs han recibido poca atención. En este trabajo se aborda cómo estos requisitos se pueden incorporar en el diseño WebLab, y discute las tecnologías web más adecuados para cumplir tales requisitos.

(Zimin et al., 2012)” Laboratorios de acceso remoto para la Formación de Ingenieros en el siglo 21” La Capacitación en el laboratorio y trabajos de investigación de estudiantes son excepcionalmente importantes componentes que caracterizan el nivel y la eficacia de la educación en ingeniería. El uso de tecnologías de la información y de la comunicación permite el aumento en el número de instalaciones de laboratorio disponibles para la formación de estudiantes. Universidad Bauman ha proporcionado el único equipo que se utilizó como base para laboratorios de acceso remoto que se centran en una serie de disciplinas importantes (la robótica, la nanotecnología, la radio-física, etc.).

(Graven et al., 2012)” Laboratorios remotos con soporte automatizado para el aprendizaje” Este sistema de laboratorio remoto se crea con el fin de facilitar un principio simple, pero más adelante en el apoyo pedagógico más complejo para los estudiantes que utilizan los laboratorios remotos. El sistema actual está diseñado para detener el comportamiento no deseado en donde los estudiantes sólo utilizan un enfoque de ensayo y error. El sistema también utiliza un procesamiento por lotes, pero no en la forma tradicional, donde los usuarios agregan experimentos y luego esperar para volver a los resultados del día siguiente o en unas pocas horas. El objetivo del sistema de lotes en este proyecto es el de completar la totalidad o cerca de todas las solicitudes en cuestión de segundos, con lo que nunca dar a los estudiantes un sentimiento de procesamiento por lotes, pero en lugar de dar a los estudiantes la sensación de que tienen el control total sobre el experimento todo el tiempo.

(Nedic et al., 2012)” Idoneidad de SCADA para el Desarrollo de laboratorios remotos “El Desarrollo de laboratorios remotos es una tarea compleja. Por lo general,

requiere el conocimiento de varias disciplinas como ciencias de la computación, eléctrica, mecánica y otras disciplinas de ingeniería dependiendo de la naturaleza de los experimentos para los que el laboratorio remoto está diseñado. Muchos laboratorios remotos tienen arquitectura cliente servidor y utilizan el software Labview para apoyar el acceso remoto a banco de trabajo experimental. En este artículo se discute la idoneidad de la utilización de SCADA (Supervisory Control And Data Adquisición) de software para el desarrollo de laboratorios con un beneficio adicional de hacer que los estudiantes trabajen listos para entornos industriales donde SCADA es comúnmente utilizado en la automatización de la fabricación y procesos científicos.

(Soares et al., 2012)” Automatización y Control de Laboratorio Remoto: La evaluación de una metodología cooperativa” En este trabajo se presenta un estudio llevado a cabo con el fin de evaluar la percepción de los estudiantes en el desarrollo y uso de control remoto y kits educativos de automatización desarrollados por dos Universidades. Tres proyectos, basados en entornos del mundo real, se llevaron a cabo, siendo local y operado por control remoto. Los estudiantes aplican los kits con el conocimiento teórico y práctico, siendo los profesores un catalizador en el proceso de aprendizaje. Cuando los kits estaban en funcionamiento, los estudiantes de los usuarios finales se familiarizaron con los kits en las unidades de los planes de estudio del curso. Cree el autor que se lograron resultados exitosos no sólo en el progreso de aprendizaje en los campos de automatización y control (habilidades duras), sino también en el desarrollo de los estudiantes de las habilidades blandas, que conducen a fomentar y recompensar las metas, la motivación de sus decisiones futuras y la promoción sinérgica en su trabajo.

(Pastor et al., 2012)” Experiencias prácticas en la construcción estructurada de laboratorios remotos y virtuales desde el punto de vista del estudiante”. En este trabajo, una experiencia práctica del proceso de desarrollo estructurado de un laboratorio virtual, utilizando el framework RELATED, será presentado desde el punto de vista de los estudiantes. Este laboratorio virtual es un generador de señal simple. Este generador de señal se utiliza para generar una posición de referencia para la altura de la pelota de un sistema de levitación electromagnética en un experimento de control. Finalmente, las respuestas de las encuestas realizadas por los estudiantes serán presentados, con el fin de obtener resultados de satisfacción del uso / desarrollo de laboratorios virtuales / remotos utilizando RELATED.

(Orduña et al., 2012)” Modelización de laboratorios remotos en integraciones de herramientas de e-learning a través de Laboratorios Remotos con protocolos de federación” Un laboratorio remoto educativo es un software y Herramienta de hardware que permite a los estudiantes acceder de forma remota equipos reales situado en la universidad como si estuvieran en un laboratorio manos a la obra en período de sesiones. Federaciones de laboratorios remotos han existido por años: que están basadas en permitir dos universidades para el intercambio a distancia laboratorios directamente, y sin registrarse alumnos de este último en la antigua universidad. Integración de los laboratorios remotos de Sistemas de Gestión de Aprendizaje (LMS) o Gestión de Contenidos Sistemas (CMS) también se han abordado en el pasado, lo que permite instituciones para delegar la autenticación o la autorización de la experimentos en el LMS / CMS. Sin embargo, estas integraciones son usualmente logrado de una manera ad hoc, la integración de cada uno en particular de laboratorio a un LMS / CMS. Esta contribución se estudia el uso

de modelos de federación para integrar la gestión de laboratorio remoto sistemas de LMS / CMS, ya que ambos enfoques (integración de un laboratorio en una herramienta de aprendizaje electrónico externo, y la integración un laboratorio en otro laboratorio) son esencialmente equivalentes. La contribución define dos estudios de caso para evaluar este enfoque, mostrando cómo se logra esta integración en un LMS (Moodle) y en un CMS (Joomla).

Muy buen artículo.

(Maarouf et al., 2012)” Las actividades de colaboración en el trabajo de laboratorio remoto”. El trabajo de laboratorio Ya se basa en el trabajo en equipo. Este artículo presenta dos proyectos típicos relacionados con laboratorio en distancia. El primer llamado LAD utiliza el control de distancia existente equipos durante la experimentación entre los diferentes usuarios. El segundo (TLAD) se basa en un kit electrónico miniaturizado acoplado a un software adecuado para llevar a cabo diferentes experimentos electrónicos. El resultado de estos dos proyectos es presentado con sus ventajas e inconvenientes.

(Djalic et al., 2012)” Laboratorio remoto para la robótica y la automatización como una herramienta para el acceso remoto a los contenidos de aprendizaje” En este trabajo se discute la importancia del laboratorio remoto como un ejemplo de una herramienta de e-learning eficaz destinado a la educación a distancia de pregrado, postgrado y doctorado los estudiantes en el campo de la robótica y la automatización. También se ofrece a los empleados que trabajan en pequeñas y medianas empresas (PYME) una herramienta para el aprendizaje de toda la vida. Como base para una discusión de mesa redonda, se sugiere un sistema completo que ofrece laboratorio remoto para robótica y automatización, basado en visión

robótica. La mesa redonda tiene como objetivo discutir tanto la configuración de hardware, así como los aspectos pedagógicos relacionados con el uso de este laboratorio remoto.

(Fernández et al., 2012) "Laboratorio Remoto de robótica como nexo entre los estudiantes y el mundo real de la ingeniería". En este artículo se analiza cómo un laboratorio robótico remoto puede actuar como nexo entre los estudiantes de pregrado y de ingeniería real. El uso de herramientas simples como un ordenador, la conexión a Internet, un servidor en bienes de laboratorio y un robot para conectarse a este, los estudiantes superar el problema de la distancia en su formación. Este artículo refleja la importancia que estas herramientas pueden tener en toda la formación de los estudiantes

(Maiti et al., 2012) "Un Estudio de los Mecanismos de conmutación en un laboratorio remoto de electrónica para la Formación de Ingenieros" Entornos de laboratorio remoto tienen el potencial para la entrega de los estándares actuales de la educación, mientras que la creación de entornos de aprendizaje a distancia. Diseño de un laboratorio de electrónica a distancia presenta muchos desafíos, tales como la programación, la conmutación, diseño de contenidos, etc. Varias técnicas de conmutación posibles se utilizan en los experimentos electrónicos cuando se implementa en un laboratorio remoto. Este documento analiza diversas técnicas de conmutación posibles, sus requisitos y se presenta un estudio comparativo en el que las técnicas de conmutación es más adecuado.

(Orduña et al., 2012) "Compartir los laboratorios remotos entre diferentes instituciones: un caso práctico" El interés en los laboratorios educativos a distancia ha aumentado, al igual que las tecnologías involucradas en su desarrollo y

despliegue. Estos laboratorios permiten los estudiantes usar equipo real ubicado en la universidad desde Internet. De esta manera, los estudiantes pueden ampliar su experiencia de aprendizaje personal mediante pruebas con equipos reales lo que están estudiando en el hogar, o la realización de prácticas online sesiones de noche, en fines de semana o cada vez que el laboratorios tradicionales se cierran físicamente. Una única característica de laboratorios remotos en comparación con los tradicionales laboratorios es que la distancia de la estudiante no es una cuestión, por lo que los laboratorios remotos se pueden compartir con otras escuelas o universidades. En esta contribución, los autores presentan y discutir un laboratorio remoto ampliamente diseminado (VISIR, presente en 6 universidades europeas + 1 en la India) compartidos entre 3 instituciones (universidades 2 + 1 de la escuela secundaria). Durante la exposición, la demostración de los laboratorios se mostrará siendo compartido.

(Garofano et al., 2012)” iLabRS: un Laboratorio Remoto para la Ciencia y Tecnología en la Educación Secundaria” Esta comunicación describe la segunda ola de mejoras del laboratorio remoto para secundaria iLabRS educación. El laboratorio está destinado a proporcionar actividades experimentales a estudiantes de secundaria utilizando el Instalaciones de la Universidad. Un objetivo secundario es promover la la interacción entre ambos niveles educativos. Las nuevas características incluir el software de control que gestiona dinámicamente la Instrumentos virtuales Labview y paneles remotos y que asigna recursos a un máximo de 20 usuarios simultáneos de la misma experimento. También se han añadido nuevos experimentos, incluyendo la medición de la luz y la eficiencia de las fuentes espectro, un brazo robótico o el control de motores de corriente continua.

Una campaña de evaluación se ha llevado a cabo con los estudiantes de 15 escuelas secundarias. También un curso de formación, seguido de 35 la escuela secundaria y profesores de formación profesional ha sido realizado.

(Orduña et al., 2012)” Explorando la colaboración entre estudiantes en infraestructuras de laboratorios remotos” Laboratorios remotos-educativos son un software y una herramienta de hardware que permite a los estudiantes el acceso de forma remota equipos de inmuebles ubicados en la universidad como si estuvieran en un práctico-lab sesión. Dado que el equipo utilizado por los estudiantes es real, se ha asociado costos: desarrollo de laboratorio, hardware utilizado y los costes de mantenimiento. Dada la distancia la naturaleza de los laboratorios remotos, las instituciones pueden compartir estos costos, compartiendo el acceso a los laboratorios. En para reducir el desarrollo asociado y los costes de mantenimiento, así como para reducir los costes globales de la gestión de la puesta en común de los laboratorios en diferentes las instituciones, las infraestructuras de software y conjuntos de herramientas tienen surgido, tales como el proyecto del MIT iLab, el Labshare Sáhara proyecto, o WebLab-Deusto. Sin embargo, una característica particular sesiones sin problemas presentes en los laboratorios reales pero no a menudo presente en las sesiones de laboratorios remotos es directa la colaboración entre los estudiantes. Si bien la colaboración en un determinado nivel de laboratorio es generalmente apoyada o puede fácilmente ser implementada, algunas características del laboratorio remoto sistemas de gestión, tales como balanceo de carga o federación podría entrar en conflicto con la colaboración. Este trabajo es para debatir acerca de los niveles de la adopción de la colaboración en estos sistemas de gestión de laboratorio remoto.

(Limpraptono et al., 2012)” Laboratorios remoto multiusuario basado en Embedded Web Server” En este trabajo se presenta un nuevo diseño de servidor basado en Web incorporado multiusuario laboratorio remoto que se utiliza para el sistema de microcontrolador laboratorio. Arquitectura del Sistema laboratorio remoto consiste en un servidor de la computadora, dos experimento sistema de módulo microcontrolador y dos servidor web integrado para el control de módulos de laboratorio. El servidor de la computadora se utiliza como un laboratorio remoto servidor web que sirve como una página web y la gestión de usuarios. Servidor web integrado sirve como la interfaz de usuario para controlar el microcontrolador módulo de laboratorio a través de internet. La novedad del sistema propuesto es la arquitectura laboratorio remoto es multiusuario y el servidor web incorporado diseñado de forma más inteligente que funcionan como controlador módulo de laboratorio, tales como la capacidad para enviar datos de eventos de registro al servidor de base de datos y la capacidad de enviar mensajes a las aplicaciones de chat. Esta actividad de investigación ha dado como resultado un laboratorio remoto basado en servidor web integrado, el sistema es multiusuario de manera que al mismo tiempo puede ser utilizado por más de un usuario. Resultado de la prueba, el sistema puede funcionar bastante bien.

(Sancristobal et al., 2012)” Estado del arte, Iniciativas y nuevos retos para Laboratorios Virtuales y remotos” hasta hace unas pocas décadas, cara a cara y aulas a mano en los laboratorios eran la solución común para la enseñanza la teoría y la práctica. Pero, las nuevas herramientas de e-Learning han surgido y metodologías tales como el mezclado y la enseñanza a distancia aprendizaje han tenido un espacio importante en las iniciativas de aprendizaje. Entre ellos se

encuentran los laboratorios virtuales y remotos que proporcionan estudiante con un ambiente de aprendizaje donde se puede llevar a cabo los experimentos a través de Internet y adquirir las habilidades necesarias para desarrollar sus futuros puestos de trabajo. En este trabajo se describe la importancia de los laboratorios virtuales y remotos y su utilización en escenarios de aprendizaje.

(Sell, 2013) “Ambiente de trabajo para el Laboratorio Remoto para experimentos del sistema embebidos” La Enseñanza de la ingeniería de hoy necesita experimentación práctica con las manos, Sin embargo, el proceso de aprendizaje ahora se trasladó a la Internet en muchos aspectos y los alumnos esperan obtener la mayor parte del contenido y actividad disponible a través de Internet. Los Experimentos prácticos no son triviales para llevar a cabo a través de Internet, pero el uso de las nuevas tecnologías TIC y soluciones integradas, la mayoría de los experimentos debe hacerse a través de Internet. Esta demostración interactiva describe y presenta un laboratorio remoto, Remote Lab Centre (RLC), mediante el portal DISTANCELAB PORTAL para experimentos del sistema embebidos.

(Iturrate et al., 2013)” Una Plataforma Robot móvil para Open Learning basado sobre Serious Games y laboratorios remotos” Dentro de la comunidad pedagógica, basado en Serious Games, han surgido como una alternativa viable a los tradicionales materiales de aprendizaje. Hasta ahora, se han basado estrictamente en soluciones de software. Mientras tanto, la investigación en Laboratorios remotos ha demostrado que son una solución viable y de bajo costo para la experimentación en un contexto de ingeniería, proporcionando acceso ininterrumpido, requisitos de bajo mantenimiento, y un sentido de la realidad aumentada en comparación con simulaciones. Este trabajo propone una solución en la que ambos enfoques son

combinados para ofrecer un juego serio basado en Laboratorio Remoto para su uso en la ingeniería y la escuela de educación. La plataforma para este sistema es el Marco WebLab-Deusto, ya bien probado en el contexto de laboratorio a distancia, y con base en normas abiertas. El laboratorio permite a los usuarios controlar un robot móvil en un entorno de laberinto y participar en un juego interactivo donde deben localizar y contestar correctamente a varias preguntas, el tema que se puede adaptar a las necesidades de los educadores. También integra el lenguaje de programación gráfica de Google Blockly, permitiendo a los estudiantes a aprender programación básica y los principios de lógica sin necesidad de entender la sintaxis compleja.

(Hegedus et al., 2013)” Laboratorio Remoto: una nueva herramienta para Laboratorios de Ingeniería de control” En este trabajo se explora cómo los dos experimentos científicos de la ingeniería de control se puede realizar de forma remota a través de la Internet: 1) de la bola y la placa del sistema; y 2) el sistema del tanque de agua. El principal objetivo es ofrecer a los estudiantes conocimientos sobre la identificación de procesos reales y técnicas de auto-sintonización. En la Universidad de Gante los laboratorios de acceso remoto en tiempo real, que permitan a los alumnos implementar, compilar y ejecutar los controladores de forma remota desde su casa, se han desarrollado. Los estudiantes pueden ver el experimento en tiempo real y el uso eficaz de los laboratorios a través de la funcionalidad completa de una Conexión de red privada virtual (VPN) a través de Internet.

(Dziabenko et al., 2013)”Experimentos Remotos in Escuelas de Educación Secundaria”. El principal objetivo del trabajo es presentar el aprendizaje el enfoque

de la adaptación y el uso de experimentos remotos de WebLab-Deusto en el currículo de la escuela secundaria. La actividad fue organizada en colaboración con profesores de enseñanza secundaria de P. Andrés Escuela Urdaneta. Los educadores pueden beneficiarse de diferentes métodos de enseñanza basados en proyecto (en colaboración, indagación, y aprendizaje) integrado en WebLab-Deusto. El laboratorio remoto para los estudiantes era desarrollado en Sistemas de instrumentos virtuales en la realidad (VISIR). Los laboratorios remotos existentes son más o menos copias de las manos. VISIR es un laboratorio remoto creado por Blekinge Institute of Technology (BTH) para el diseño, cableado y la medición de los circuitos eléctricos.

(Pearson, 2013)” Un laboratorio remoto con todas las funciones para hacer prácticas manuales en la enseñanza de Ingeniería” Un nuevo método y el marco para el hardware del diseño de laboratorios remotos, que utiliza Linux y software libre para proporcionar diseño y depurar servicios en tiempo real a los estudiantes más canales RDP estándar. Un seguro y cifrado, basado plugin- marco laboratorio remoto permite la personalización de servicios de programación y depuración / pruebas para que coincida físicamente con los recursos de laboratorio. Tecnologías estándares de la industria tales como se utilizan LDAP y Kerberos para garantizar la escalabilidad, seguridad y facilidad de gestión. Se hace hincapié en acceso directo al hardware real, con la matriz normal de herramientas de simulación y software de diseño también están proporcionando. Aquí se muestra una tabla comparativa de características de distintos laboratorios remotos.

(Pastor et al., 2013)” Laboratorios en línea como un servicio en la nube desarrollado por estudiantes” Los laboratorios en línea (virtuales o remotos) son ampliamente

utilizados en los sujetos experimentales de ingeniería como parte del proceso de aprendizaje. Para el desarrollo de estos laboratorios, un marco de desarrollo marco RELATED (Laboratorios Remotos Extended) es utilizado para las Comunicaciones y el Departamento de Control de Sistema de la Universidad Española de Educación a Distancia de España (UNED). Este marco define una estructurada y un procedimiento de desarrollo metodológico, permitiendo a los estudiantes las generaciones de sus propios laboratorios. Una vez que el laboratorio es desarrollado (basado en sus componentes), los estudiantes tienen que configurar sus propios recursos informáticos con el fin de hacer que sus laboratorios disponibles, contiene una tabla que describe las diferencias entre SaaS, PaaS e IaaS

(Bistak et al., 2013) "Diseño rápido de un Laboratorio Remoto de forma sencilla utilizando Matlab" En este trabajo se muestra cómo es posible construir un laboratorio remoto sencillo con una sola aplicación - Matlab. Matlab es una herramienta bien conocida en la ingeniería la educación y la praxis que junto con Simulink sirve para cálculo y simulación de las respuestas de señal y sistema de comportamientos. Matlab / Simulink incluye un amplio conjunto de comandos y muchas bibliotecas de bloques útiles que permiten a sus usuarios calcular los resultados de muchas áreas de ingeniería. La más reciente versiones de Matlab / Simulink tienen también un fuerte apoyo para comunicación de datos. En este artículo comandos específicos y bloques de una biblioteca de Matlab / Simulink se han utilizado para establecer una conexión entre el cliente y el servidor aplicaciones tanto basadas en Matlab. Así, junto con el equipo real conectado al lado del servidor es posible construir un laboratorio remoto simple. Su principal ventaja es que no

necesita ninguna otra tecnología excepto de Matlab / Simulink que es familiar para los estudiantes y los profesores.

(Bistak, 2013)” Laboratorio Remoto Avanzado de Sistemas de Control basados en MATLAB y Plataforma .NET” Los Laboratorios virtuales y remotos se han convertido en un parte estándar de la educación y la investigación. Aunque hoy en día existen muchos ejemplos cómo construir ellos es siendo ventajoso para crear nuevas soluciones que son universales, más flexible y cómodo de usar. En este trabajo se describe características de una nueva aplicación desarrollada con el propósito de laboratorios remotos. Ha sido escrito en C # lenguaje de programación y que se basa en el Microsoft Tecnología .NET y la plataforma Matlab / Simulink. En comparación con las versiones anteriores el nuevo utiliza nueva métodos progresivos de la tecnología .NET para la comunicación y el diseño de interfaz de usuario. Esto permite la simplificación de su construcción, modificación fácil de acuerdo a los nuevos requisitos, así como una simple creación de cliente aplicaciones. La nueva aplicación de laboratorio remoto instalaciones se demuestran en varios sistemas reales, otra tabla de tecnologías utilizadas en laboratorios remotos se presenta.

(Angulo et al., 2013)” Dirigiéndose a los laboratorios remotos de bajo coste a través de protocolos de federación: laboratorio remoto pecera” Un laboratorio remoto es una herramienta de software y hardware que permite a los estudiantes a utilizar equipos reales -ubicado en uno de instituciones de educación a través de Internet. De esta manera, los estudiantes pueden experimentar como si estuvieran usando los laboratorios con sus propias manos. Por lo general hay dos enfoques en el diseño de laboratorios remotos: depender de dispositivos pequeños y de bajo costo

que puede ser desplegado en cualquier lugar o confiar software rico en software infraestructuras que soportan una alta carga de usuarios, proporcionando el panel la administración, el acceso a otros servidores institucionales (por ejemplo, directorios como Protocolo ligero de acceso a directorios "LDAP"), etc. Con las arquitecturas distribuidas de laboratorio remoto, es posible que el servidor de laboratorio sobre la antigua enfoque, pero la gestión se basa por lo general en el segundo.

(Ionesco et al., 2013)” Un laboratorio remoto como una herramienta educativa innovadora para la práctica de conceptos de ingeniería de control” En este trabajo se presenta el desarrollo, estructura, ejecución, y algunas aplicaciones de un laboratorio remoto para la enseñanza de conceptos de control automático a los estudiantes de ingeniería. Allí son dos aplicaciones: control de la formación of Mobile robots y un ballplate sistema. En la enseñanza de la ingeniería de control, hay dos principales enfoques para el control de diseño: control basado en modelo y no modelo base control. A los estudiantes se les da una idea de: 1) para el modelo basado- de control: identificación de los procesos reales (es decir, que trata de ruido, elegir el tiempo de muestreo, la observación de efectos no lineales en el arranque, variables de emparejamiento de entrada-salida); y 2) para el control no basado en modelo de: las ventajas y desventajas de las técnicas de auto-afinación. El documento concluye con la presentación de una evaluación de éstos a distancia laboratorios y discutir las ventajas de utilizarlos como complementaria herramientas para la ingeniería de control de la enseñanza en la Licenciatura y Nivel de maestría. (Lowe, 2013)” Integrando reservaciones y colas en la agenda de un laboratorio remoto” Programación optimizada puede reducir significativamente los tiempos de

acceso de espera y mejorar el nivel de utilización de los recursos de RL, con reducciones asociadas en los costos por uso. RL sistemas actuales normalmente han apoyado la planificación basada en cualquiera de las reservas o de cola, aunque rara vez ambos. En este trabajo, investigamos los problemas que surgen cuando un único recurso RL (o conjunto de recursos) es compatible con dos modos de acceso, y cómo estos dos enfoques se pueden integrar de manera efectiva. Esta investigación analiza el algoritmo de programación utilizado por el sistema de Sáhara RL para investigar la existencia de limitaciones que afectan a la utilización del sistema. Identificamos una serie de temas de actualidad y proponer modificaciones específicas para hacer frente a ellos. Las modificaciones propuestas darán lugar a un aumento de la utilización y la mejora de las experiencias de los estudiantes.

(Santana et al., 2013)” Laboratorios Remotos de Educación e Investigación en Sistemas de Control automáticos” En este trabajo se describen las experiencias en el uso de laboratorios a distancia para la enseñanza y la investigación en el campo de Ingeniería de control. El uso de laboratorios remotos para la educación en control es cada vez un método más recurrido por las universidades con el fin de ofrecer un servicio flexible en horarios con mayor y un mejor funcionamiento de los recursos disponibles. Sin embargo, para las actividades de investigación, laboratorios remotos no se utilizan ampliamente. El objetivo de esta contribución es por lo tanto para aplicar la experiencia de laboratorios remotos en aplicaciones de investigación con el fin de compartir equipos complejos entre los diferentes investigadores. Algunos experimentos se llevan a cabo para demostrar la eficacia de la utilización remota de laboratorios en los experimentos de investigación relacionados con el

sistema robótico. Los resultados de la aplicación de experimentaciones remotas para controlar un robot paralelo 3-DOF mediante el uso de Laboratorio Distancia Sistema (SLD) están expuestos. El rendimiento del sistema es evaluado por las posibilidades y la funcionalidad de la propuesta plataforma de laboratorio remoto. Otra tabla comparativa de laboratorios remotos.

(Mendes y Martins, 2014)” Un laboratorio remoto con Internet para enseñar automatización industrial” En este trabajo se presenta el nuevo Laboratorio remoto de Internet (IRL), construido en en el Departamento de Ingeniería Mecánica (MED), Instituto Superior de Ingeniería de Lisboa

(ISEL), para enseñar automatización industrial, a saber, ciclos de electro neumático. El objetivo de este trabajo fue el desarrollo y la implementación de un laboratorio remoto que era simple y efectiva desde el punto de vista del usuario, permitiendo el acceso a todo su funcionalidades a través de un navegador web sin necesidad de instalar cualquier otro programa y que da acceso a todas las características que los estudiantes pueden encontrar en el laboratorio de física. Con este objetivo en mente, se ha implementado una arquitectura sencilla, con la nuevo controlador lógico programable (PLC) SIEMENS S7-1200, y con la ayuda de varios programas libres, la programación tecnologías como JavaScript, PHP y bases de datos, era posible tener un laboratorio remoto, con una interfaz sencilla, para enseñar a los estudiantes de automatización industrial.

(Caminero et al., 2014)” La deconstrucción de laboratorios remotos para crear laboratorios como un Servicio (Laas)” La creación y publicación de los servicios públicos como los servicios (la más conocida de Infraestructura ser como un Servicio, IaaS, Plataforma como servicio, PaaS, y software como servicio, SaaS) ha

sido un tema candente de la investigación y el desarrollo de la reciente años. Permiten una fácil creación y el despliegue de las infraestructuras y las aplicaciones que aumentan la versatilidad y la utilidad de la Tecnología de la Información (TI) de los presupuestos de las instituciones que ponerlas en práctica. Por lo tanto, este trabajo propone el desarrollo de Laboratorios como servicio (Laas), que permite a los usuarios de a distancia laboratorios crean experimentos versátiles adaptados a sus necesidades. Estos se basan en la deconstrucción de los laboratorios remotos, creación de clientes, y la selección de un contenedor. Una eólica se utiliza de laboratorio basado en el kit de robótica Lego Mindstorms como un ejemplo.

(Schauer et al., 2014)” REMLABNET - sistema de gestión de laboratorio remoto abierto para e-experimentos” El Sistema de Gestión de Laboratorio Remoto (RLMS), REMLABNET, para la integración y gestión de los experimentos a distancia para empezar a nivel de universidad y las escuelas secundarias, se presenta. Su edificio fue iniciado tanto desde el uso extensivo y experiencia en Sistema de Escuelas Experimentales de Internet (ISES), a distancia experimentos contruidos y la falta de un sistema similar para escuelas secundarias en Europa. RLMS se construye usando nueva componentes, diseñados para el propósito, como Measure server, la gestión del espacio web, almacenamiento de datos, la comunicación consejo de RLMS, etc. El servidor de comunicaciones proporcionará al lado de los servicios también servicios de conexión y de diagnóstico para la comodidad del profesor como pizarra blanca, telefonía IP, inclusión de simulación, gestión de pruebas y reserva gestión. En aras de la seguridad, el acceso óptimo a todos experimentos y la explotación económica de la virtualizado se utilizarán nube.

(Schulz et al., 2014) "Animación en tiempo real de equipos de un Laboratorio Remoto" muchos montajes de laboratorio a distancia incluyen una cámara web para los usuarios que guarden el equipo en acción. Sin embargo, ingenuo los usuarios no reciben una imagen clara de lo que podría estar sucediendo el interior del equipo. En este trabajo se presenta un intento hecho para abordar esta cuestión, utilizando una animación para proporcionar una vista del equipo explotó y conducir esta animación con los datos se transmiten en tiempo real de los equipos. Es logrado con ningún cambio en el Shared iLabs MIT existente Arquitectura; una ruta de datos adicional que se utiliza hace no afectará a las arquitecturas de software existentes (Kaushik et al., 2014) "Personalización de robot móvil para el hogar en Laboratorios Remotos" Recientes inventos tecnológicos en tecnologías de la electrónica y de las comunicaciones nos permiten hacer una serie de actividades a través de Internet. Algunas de estas actividades que no podían siquiera pensar en un par de años atrás. Con este nuevo escenario, la realización de experimentos que involucran hardware real de forma remota a través de Internet es ya una realidad. Sin embargo, teniendo en cuenta las complejidades de tecnologías implicadas con laboratorios remotos, algunos de los sistemas experimentales deben ser modificados / personalizarse antes de que se pueden integrar dentro de un sistema de laboratorio remoto. Uno de tales sistemas es un robot móvil que se puede utilizar para diversas actividades de laboratorio de aprendizaje del estudiante. En este trabajo se informará el proceso de personalización de un robot móvil de los hogares para que pueda ser integrado dentro de una instalación de laboratorio remoto.

(Gadzhzanov et al., 2014) "Laboratorio remoto basado en Labview para el control avanzado de movimiento" Laboratorios remotos para el control de movimiento son

herramientas valiosas para la enseñanza de los estudiantes de mecatrónica ya que representan diversas aplicaciones industriales. Las aplicaciones de algoritmos de control avanzados en laboratorios remotos raramente se describen en la literatura. Su aplicación en tiempo real en el entorno FPGA es una tarea compleja y requiere mucho tiempo. En este trabajo se describe la utilización de Labview de National Instruments en un laboratorio remoto, donde los algoritmos de control H-infinito se implementan con éxito. Su enfoque principal es en la funcionalidad de la aplicación remota y su interfaz gráfica de usuario.

(Tobarra et al., 2014)” Laboratorios remotos de bajo costo para educación a distancia en energías renovables” Laboratorios remotos son hoy en día esenciales en la educación a distancia, como es nuestro caso, ya que los estudiantes no son capaces de utilizar cara a cara laboratorios tradicionales. Estos laboratorios remotos pueden ser empleados por el profesor dentro de las aulas virtuales, de modo que los estudiantes puedan llevar a cabo sus experimentos, online desde cualquier lugar y en cualquier momento. El principal inconveniente de estos tipos de laboratorios es el costo; esto es más notable en el campo de las energías renovables. Por esta razón, este trabajo propone el uso de laboratorios remotos de bajo costo, dirigido al estudio de la energía renovable solar y eólica. El laboratorio remoto descrito está basado en kit de robótica popular, con nombre Mindstorms Lego NXT v2.0, kit de robótica, que permite a los profesores tienen la flexibilidad en el diseño del laboratorio y adaptarlo a tener flexibilidad a la hora de diseñar el laboratorio y se adaptan a la educación necesidades de un curso. La programación de estos laboratorios se ha realizado mediante el uso de servicios web ESTful con Labview,

un enfoque novedoso que permite a los usuarios la creación de laboratorios multiplataforma.

(Kvascev et al., 2014)” eLabs como herramienta para Laboratorio Remoto de Control de Procesos” De acuerdo con el desarrollo de la ciencia y la tecnología, la educación debe seguir las tendencias de crecimiento y ofrecer herramientas modernas y eficaces para lograr el objetivo, que es una sociedad moderna y educada. En las universidades técnicas, la necesidad de que los laboratorios es particularmente importante debido a que es necesario verificar y profundizar en los conocimientos teóricos y educar a los estudiantes para resolver problemas prácticos. Con tal fin, este trabajo se presenta un proyecto de un laboratorio remoto en tiempo real, en el cual los estudiantes del departamento de control automático pueden realizar su trabajo de laboratorio en cualquier momento, mediante el acceso remoto al equipo en el laboratorio desde cualquier ordenador en la facultad o de casa.

Existen diferentes tipos de laboratorios en la educación, (Lorandi et al, 2011) los clasifica como Laboratorios convencionales (LC), laboratorios virtuales, (LV), Laboratorios remotos (LR), nos da sus ventajas y desventajas de entre LR y LV. Así como ejemplos de cada uno de ellos en el mundo y en nuestro país.

Recientemente en México se llevó a cabo la reunión de la Corporación Universitaria para el Desarrollo del Internet (CUDI) a nivel nacional en Ensenada Baja California (Santiago et al, 2012) En la cual se presentaron una amplia variedad de Laboratorios Remotos y virtuales que existen en México y en el mundo en una comunidad de laboratorios compartidos basados en Internet 2. Entre las instituciones educativas

que cuentan con dichos laboratorios destacan la UNAM, ITESM con varias sedes, CENIDET, CIAD, CIMAV, UASLP, Universidad Michoacana, Unison, e internacional la red RENATA de Colombia y la Universidad Nacional Agraria de Managua Nicaragua.

Un ejemplo de Laboratorio Remoto nos ofrecen (Ladino y Hurtado, 2011) en su Artículo: “Laboratorio remoto para la enseñanza de la programación de un robot industrial”. En donde se describe la evolución del desarrollo y funcionamiento de un laboratorio remoto para la enseñanza de la automatización. Por medio de una aplicación Web, un software de acceso remoto que permite una conexión multiusuario independiente y archivos que contienen código con comandos del símbolo del sistema. Con esto se logra administrar el laboratorio evitando conflictos de uso entre los usuarios. El objetivo es incrementar el tiempo de productividad y eliminar las restricciones de espacio y tiempo para la utilización de un robot manipulador de tipo industrial.

Por otra parte (Caicedo et al, 2009) en su artículo “Laboratorio distribuido con acceso remoto para la enseñanza de la robótica”. Presenta un laboratorio distribuido con acceso remoto para la enseñanza de la robótica, que corresponde al principal resultado del proyecto de investigación aprobado y financiado por COLCIENCIAS, CINTEL, Universidad del Valle y Universidad del Quindío. El laboratorio permite el desarrollo de sesiones prácticas interactivas a estudiantes de ambas universidades sobre plataformas móviles (Pioneer 3DX) y sobre brazos robóticos (Mitsubishi RV-2AJ). Las tareas normalmente desarrolladas involucran: programación, supervisión y visualización, esta última usando video y/o una representación en 2D. Esta

herramienta de enseñanza en robótica permite que estas dos costosas plataformas de experimentación puedan ser usadas colaborativamente por ambas universidades, mejorando la comunicación entre estudiantes, grupos de investigación y permitiendo el desarrollo de actividades educativas y/o investigativas multidisciplinarias.

Por otro lado (Macías et al, 2008) en la presentación “Laboratorios Remotos: Aprendizaje y entrenamiento a distancia” ITESM campus Monterrey CUDI. Nos expone los laboratorios remotos con los que cuentan: eLab y TeleLab enlazando los campus: Monterrey, Ciudad de México y Cuernavaca. También (Saire y Gómez, 2008) con “Plataforma de aprendizaje a distancia en automatización industrial empleando laboratorios remotos”, en donde nos muestra la arquitectura necesaria para realizar un laboratorio remoto con dispositivos con redes Asi, utilizando internet.

Otro desarrollo importante fue presentado por (Ariza y Amaya, 2008) en su artículo “Laboratorio remoto aplicado a la educación a distancia”. Este trabajo muestra la arquitectura de un laboratorio remoto aplicado a la educación a distancia, a través de esta herramienta los estudiantes pueden realizar prácticas desde cualquier punto de conexión a Internet. El artículo muestra la arquitectura de un sistema de acceso remoto aplicado en un área como lo es la automatización industrial. Se realizó una aplicación Web que permite la identificación de usuarios, la administración del laboratorio y el acceso remoto de los equipos conectados a un ordenador servidor desde un ordenador de un cliente. El resultado de este trabajo es una herramienta de acceso público que permite utilizar los equipos de un laboratorio de

automatización sin restricciones de tiempo ni espacio con el fin de complementar su aprendizaje.

En este trabajo se propone el diseño de un laboratorio remoto que a diferencia de los anteriores no modifica el software y el hardware original de los equipos. Sino que mediante hardware se realiza el manejo del equipo.

Esta propuesta es producto del proyecto de investigación: Laboratorio remoto para control de robots y procesos de manufactura industriales de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP) y El Centro de Servicios de Alta Tecnología de la UPAEP (CESAT) en colaboración con la Universidad de Sonora.

II. 2 ORIGINALIDAD Y RELEVANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La parte original de esta investigación radica en que utilizamos software libre para el servidor y además utilizamos hardware para el control del robot industrial, los demás autores lo hacen con software o modificando el hardware del fabricante, lo que nosotros no lo hacemos así. La relevancia de nuestra investigación es que esta metodología se puede adaptar a otros laboratorios en otras universidades que pueden aprovechar muchos alumnos para realizar prácticas de laboratorio con equipo real a distancia.

II. 3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

En esta sección definiremos los términos básicos para nuestra investigación: Laboratorio Remoto Real, escritorio remoto, software libre, software SCADA y servidor tipo LAMP.

II. 3.1 LABORATORIO REMOTO REAL

La educación impartida en las universidades hoy en día es muy diferente a la educación recibida por nuestros padres o abuelos en donde se centraba en la cátedra que impartía el maestro dentro de un aula, en las disciplinas técnicas y científicas es fundamental complementar el conocimiento teórico con el experimento práctico adquirido en los laboratorios que confirma la teoría, en la actualidad existen varios tipos de laboratorios como se muestra en la Tabla1.

TABLA 1 CLASIFICACIÓN DE LABORATORIOS.

	REAL	VIRTUAL
LOCAL	Laboratorios presenciales con plantas reales	Laboratorios presenciales con plantas simuladas
REMOTO	Tele operación de una planta real	Laboratorio remoto con plantas simuladas

II. 3.2 ESCRITORIO REMOTO

Un escritorio remoto es una tecnología que permite a un usuario trabajar en una computadora a través de su escritorio gráfico desde otro dispositivo terminal ubicado en otro sitio, el más conocido es el escritorio remoto de Windows que aparece en la figura 1.

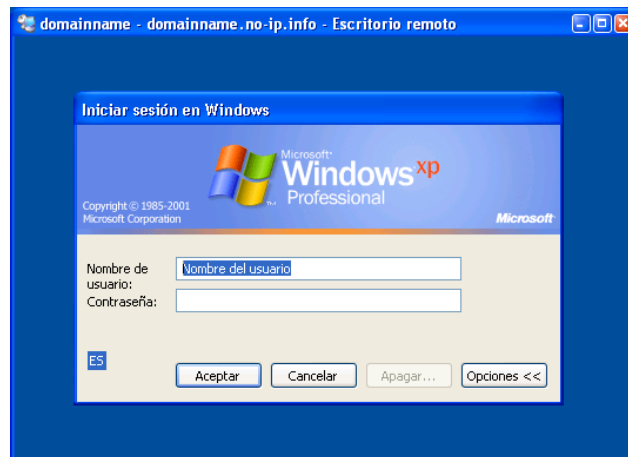


FIG. 1 ESCRITORIO REMOTO DE WINDOWS.

II. 3.3 SOFTWARE LIBRE

De acuerdo con la definición, un software es "libre" cuando garantiza las siguientes libertades:

1. la libertad de usar el programa, con cualquier propósito.
2. la libertad de estudiar cómo funciona el programa y modificarlo, adaptándolo a tus necesidades.
3. la libertad de distribuir copias del programa, con lo cual puedes ayudar a tu prójimo.
4. la libertad de mejorar el programa y hacer públicas esas mejoras a los demás, de modo que toda la comunidad se beneficie.

Las Universidades deben impulsar el desarrollo del software libre, asegura (Stallman, 2013).

Las universidades tienen la responsabilidad social de iniciar y desarrollar la enseñanza del software libre sustentada en un espíritu colaborativo, tendiente hacia la libertad individual, la solidaridad social y la democracia, afirmó Richard Stallman, pionero de ese movimiento filosófico en el mundo.

Criticó a empresas como Microsoft, Apple, Google, Adobe, Flash, Sony o Amazon por producir "en puertas traseras" programas de software espías o dispositivos cuyo propósito es negar las libertades tradicionales de los lectores, así como a los industriales que ofrecen a las universidades copias gratuitas de sus programas privativos, no libres, para aprovecharlas como instrumentos para imponer una dependencia a su producto.

Para algunos programas propietarios existe su contraparte con software libre así tenemos los siguientes ejemplos: Windows vs Linux, Microsoft office vs Open Office.org, IIS vs Apache, Oracle vs MySQL, Ruby vs Python y por ultimo Internet Explorer vs Firefox.

En cuanto al software libre (*Alarcón y Callejas, 2008*) en el artículo "Propiedad intelectual y derechos de autor en el software libre". Nos explica que en la actualidad el software libre se ha convertido en una opción rentable para la administración de información en algunas entidades; sin embargo, aún se tienen ideas erróneas de lo que realmente significa el software libre. En este artículo de revisión, resultado de investigación, se analiza el concepto de software libre, los principales aspectos legales que lo rigen, la necesidad de las licencias libres y algunas nociones básicas de la propiedad intelectual; asimismo, se explican algunas de las licencias de software libre más conocidas y utilizadas y el impacto que generan sobre el

desarrollo de software. De igual manera se mencionan algunas licencias para otros recursos libres aparte de productos software.

En la figura 2 nos indica que no todo el software libre es gratis.

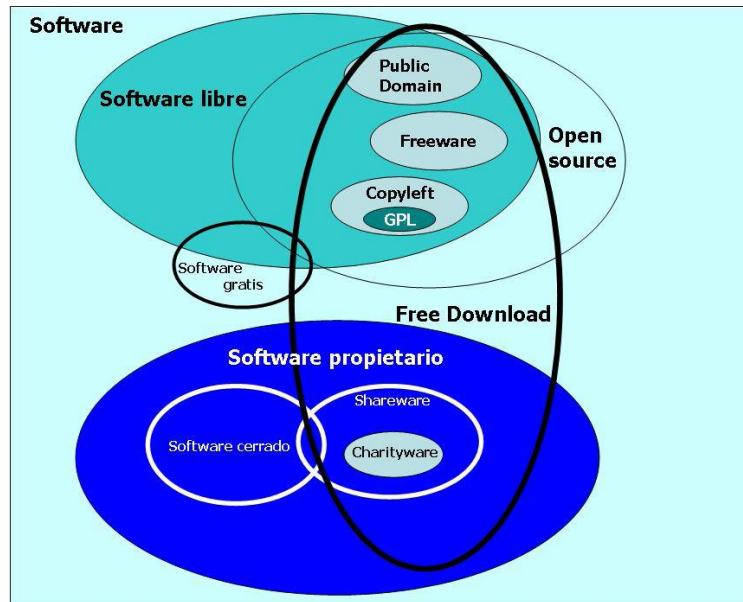


FIG. 2 MAPA CONCEPTUAL DE LOS TIPOS DE SOFTWARE.

Por otra parte (Serrano y Narváez, 2008) en el artículo “Uso del software libre para el Desarrollo de contenidos Educativos” En este artículo se presenta y discute la experiencia de la Dirección de Educación Virtual de la Universidad Tecnológica de Bolívar en Cartagena de Indias, Colombia, sobre el uso de Tecnologías de la Información en la enseñanza y formación de profesionales. En particular se discute la experiencia lograda con el desarrollo y uso del Sistema de aprendizaje Virtual Interactivo (SAVIO), como una herramienta base del modelo pedagógico que permitió flexibilizar los procesos de enseñanza-aprendizaje en el sistema presencial de la universidad. A través de los años el uso de SAVIO como plataforma virtual se ha extendido y ha permitido el desarrollo de nuevas aplicaciones y métodos para la

enseñanza., transformándose en un programa exitoso que puede ser replicado en otras instituciones.

Aparte de las consideraciones académicas, en la práctica, se ha evidenciado que el uso de Linux como sistema operativo ha reducido considerablemente los riesgos de propagación de virus informáticos que ralenticen las operaciones en los equipos que tienen instalado ese SO en la unidad. (14 en total). Hay un cambio en la mentalidad de los usuarios al permitirles enfocarse en el uso directo de la herramienta y no preocuparse por la seguridad (función del equipo de Servicios Informáticos), puesto que como SO, Linux es un sistema más confiable en términos de virus y ataques en primera instancia que Windows. Existe también una mayor capacidad de uso de las herramientas por parte de los usuarios, por cuanto los programas usados en la oficina pueden ser instalados en casa sin ningún riesgo de seguridad (tanto OSS como FS) y sin temor a ser tachados de “piratas” puesto que las licencias son compartidas y están de libre acceso y distribución.

II. 3.4 SOFTWARE SCADA

SCADA, acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un software para microcomputadoras que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores) y controlando el proceso automáticamente. Provee de toda la información que se genera en el proceso productivo (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) y permite su gestión e

intervención sistemas Scada (Rodríguez, 2007) y una guía práctica (Rodríguez, 2007) Aplicaciones de software SCADA (Mendiburo, 2011)

A continuación se muestra una Tabla 2 de varios software SCADA y su fabricante:

TABLA 2 SOFTWARE SCADA CON NOMBRE COMERCIAL Y FABRICANTE.

Nombre de software	Fabricante
Aimax	Desin Instruments S. A.
CUBE	Orsi España S. A.
FIX	Intellution.
Lookout	National Instruments.
Monitor Pro	Schneider Electric.
Scada InTouch	LOGITEK.
SYSMAC SCS	Omron.
Scatt Graph 5000	ABB
WinCC	Siemens.
Coros LS-B/Win	Siemens.
CIRNET	CIRCUTOR S.A.
FIXDMACS	Omron-Intellution.
RS-VIEW32	Rockwell
GENESIS32	Iconics

II. 3.5 SERVIDOR TIPO L.A.M.P.

Se utiliza un servidor L.A.M.P., acrónimo usado para describir un sistema de infraestructura de internet que usa las siguientes herramientas:

- 1.-Linux, como sistema operativo. En este trabajo se emplea la distribución de UBUNTU.
- 2.-Apache, como servidor web.
- 3.- MySQL, como gestor de bases de datos;
- 4.- Perl, PHP, o Python, son los lenguajes de programación.

La combinación de estas tecnologías es usada principalmente para definir la infraestructura de un servidor web.

En el siguiente Capítulo III MARCO METODOLÓGICO, nos adentraremos en la metodología de la investigación, y como se diseñó el prototipo de manera teórica en donde tomaremos decisiones cruciales para el mismo como son: que distribución de Linux se usará para el servidor LAMP, que software usaremos para el escritorio remoto, que hardware utilizaremos para el prototipo y el software de igual manera.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

III. 1 INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el modelo de investigación utilizamos el libro de (Hernández et al, 2003) “Metodología de la Investigación” y vamos a definir los métodos utilizados, el enfoque de la investigación es del tipo cualitativa ya que no esperamos tener resultados que se puedan cuantificar ya que obtenemos un resultado que cumple o que no cumple con los objetivos, en cuanto a los alcances de la investigación serían los siguientes: El presente proyecto de tesis doctoral contempla aportaciones para el control de robots y procesos de manufactura industriales. Así como contribuir significativamente en desarrollo tecnológico para robótica y Mecatrónica.

El aspecto práctico del presente trabajo de tesis contempla 2 laboratorios experimentales uno en la UPAEP y otro en la UNISON para realizar los algoritmos necesarios para programar a dos robots industriales de 5 y 6 grados de libertad empleando el internet y 3 procesos de manufactura: almacén cartesiano, banda transportadora y Enlatadora. Y en el otro laboratorio un robot FANUC y 5 MPS industriales.

Esta tesis cae en el desarrollo tecnológico del saber hacer.

Y tenemos la siguiente **hipótesis**:

El control remoto de robots y procesos de manufactura industriales se puede realizar con software libre y con dispositivos mecatrónicos sin necesidad de modificar ni el software ni el hardware de fábrica de los equipos.

Para probar ésta hipótesis diseñamos la investigación para que sea experimental, vamos a probar diversas soluciones, vamos a seleccionar la muestra apropiada que reúna los requisitos mínimos y vamos a recolectar datos para su posterior análisis de datos.

III. 2 DISEÑO TEÓRICO DEL PROTOTIPO

Para el diseño del prototipo necesitaremos un servidor tipo Lamp en el cual debemos elegir cual distribución de Linux es la más adecuada, también necesitamos que tipo de software para el escritorio remoto, que hardware y software necesitamos para el prototipo que va a manipular el teach pendant del robot.

Como es una tesis de investigación tecnológica aquí trataremos del diseño teórico del prototipo y en el siguiente capítulo incluiremos el reporte del diseño físico, pruebas y aprobación del prototipo definitivo

III. 2.1 DECISIÓN DE DISTRIBUCIÓN LINUX PARA SERVIDOR LAMP

Existen diferentes distribuciones de sistemas operativos Linux como por ejemplo: Mandriva, Suse, ubuntu, kubuntu, Centos, debían, fedora, xubuntu, archlinux, gentoo, slackware, edubuntu

Un comparativo de distribuciones Linux para servidores en la Tabla 3.

TABLA 3. COMPARATIVA DE DISTRIBUCIONES LINUX PARA SERVIDORES.

<i>Distribución</i>	<i>Año de inicio</i>	<i>Basada en</i>	<i>Formato de paquetes</i>	<i>¿Apoyo del distribuidor?</i>
Debian	1993	-	DEB	no
Ubuntu	2004	Debian	DEB	yes
Red Hat Enterprise	1994	-	RPM	yes
CentOS	2004	Red Hat Enterprise	RPM	no
SuSE	1994	Slackware/RedHat	RPM	yes

[Linux Hispano - Linuxhispano.net](http://LinuxHispano.net)

Ahora se describen las alternativas más populares en el sector de los servidores bajo Linux: (Servidores bajo Linux, 2013)

- **Debian**

La más antigua de las distribuciones de las que cito, Debian fue iniciada en 1993 por Ian Murdock. Es la única entre las variedades aquí mostradas en la que no hay ninguna compañía detrás, la distribución está controlada totalmente por voluntarios vinculados por el contrato social Debian. Un líder es elegido cada año desde y por los miembros del proyecto Debian.

- **Ubuntu**

La distribución que más auge ha tenido en los últimos años, con cada vez más usuarios y que más rápido se ha adaptado a las necesidades de los mismos. Ubuntu es una distribución basada en Debian, y gestionado por Canonical. Aunque gran parte del énfasis de la distribución está en el escritorio, también hay una versión de servidor, y es que Canonical ha atraído el apoyo de los agentes comerciales más tradicionales de UNIX, como Oracle.

- **Red Hat Enterprise**

Red Hat Enterprise Linux (RHEL) es probablemente la distribución de Linux más conocida y muy popular en cuanto a servidores, además de ser uno de los más veteranos. Ha contribuido a un gran número de aplicaciones para la comunidad Open Source de los años, incluyendo Red Hat GFS y su sistema de archivos en clúster. Aunque no es obligatorio, el acceso a soporte y actualizaciones de seguridad requiere que los clientes paguen un honorario por estos “derechos”, al igual que el caso de SuSe Linux.

- **CentOS**

CentOS (abreviatura de Community Enterprise Operating System) es una versión libre disposición de Red Hat Enterprise que no cobra por el acceso a actualizaciones de seguridad. Esto es posible debido a la licencia libre bajo la cual se libera Red Hat. Dado que es una copia casi exacta de RHEL, con únicamente los logotipos y marcas registradas modificadas (y sin el soporte comercial), los binarios son 100% compatibles, es decir, las aplicaciones diseñadas para aplicaciones comerciales de Red Hat se ejecutarán sin modificaciones y con total compatibilidad.

- **SuSE Enterprise**

SuSE Linux Enterprise Server (SLES) es una distribución que toma prestado de Red Hat su gestión de paquetes, distribución y su modelo de negocio. Fue creada originalmente en Alemania por un grupo de consultores de UNIX, SuSE significa “Software- und System-Entwicklung” (Desarrollo de software y de sistemas). Y en 2003 fue adquirida por Novell, que hicieron de esta una distribución en base a sus ofertas.

Se decidió utilizar la distribución de UBUNTU SERVER, por su ambiente gráfico, todos los servidores funcionan en modo texto, Ubuntu su principal característica es el ambiente gráfico que maneja.

III. 2.2 DECISIÓN DE SOFTWARE PARA ESCRITORIO REMOTO

Revisaremos las diversas opciones que se encuentran hoy en día para tomar el control de un equipo de cómputo a distancia en donde veremos que existen opciones que son con software propietario que implican costosas licencias de uso y también el lado del software libre que no tiene costo pero que en algunos casos es difícil de operar.

Existe una amplia variedad de software para acceder al escritorio remoto (comparativo de software de escritorio remoto, 2013)

Y para elegir uno debemos tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1.- Nombre del Software
- 2.- Protocolo a utilizar
- 3.- Creador del software
- 4.- Fecha de la primera liberación pública del software
- 5.- Última versión estable.
- 6.- Si la licencia es propietaria con costo o de uso libre
- 7.- Si es libre para uso personal
- 8.- Si es libre para uso comercial

Es muy importante saber para qué tipo de plataforma de sistema operativo están diseñados, no los podemos utilizar en donde no pueden funcionar correctamente.

- 1.- Server: Microsoft Windows
- 2.- Cliente: Microsoft Windows
- 3.- Server Mac OS x
- 4.- Cliente: Mac OS x
- 5.- Server: Linux
- 6.- Cliente: Linux
- 7.- Server: FreeBSD
- 8.- Cliente: FreeBSD
- 9.- Server: OS/2 eCOM Station
- 10.- Cliente: OS/2 eCOM Station
- 11.- Client: Java
- 12.- Client: Android
13. - Cliente: iOS (iPOD Touch, iPHONE, iPAD)
- 14.- Cliente: BlackBerry
- 15.- Server: Windows Mobile
- 16.- Cliente: Windows Mobile

Características Técnicas:

- 1.- Si funciona como Cliente/servidor o Listening
- 2.- Si va a tener encriptación incluida

- 3.- si va permitir transferencia de archivos
- 4.- si soporta audio
- 5.- múltiples sesiones de acceso
- 6.- ventanas integradas
- 7.- asistencia remota
- 8.- solicitud de permiso de acceso
- 9.- si va a pasar por un Network Address Translate NAT
- 10.- Si soporta IPv6 o sólo IPv4
- 11.- Número máximo de conexiones simultáneas
- 12.- si soporta video
- 13.- si soporta 3D

Se decidió utilizar el software *TEAMVIEWER* para UPAEP y el software *VNC* para UNISON

CARACTERÍSTICAS DE Teamviewer (software Teamviewer, 2013)

Teamviewer es un programa para ordenador cuya función es conectarse remotamente a otro equipo. Entre sus funciones están: compartir y controlar escritorios, reuniones en línea, videoconferencias y transferencia de archivos entre ordenadores. Existen versiones para los sistemas operativos Microsoft Windows, Mac OS X, Linux, iOS, y Android. También es posible el acceso a un equipo remoto mediante un navegador web. Aunque el principal cometido de la aplicación es el control remoto, también incluye funciones de trabajo en equipo y presentación. TeamViewer GmbH fue fundada en el año 2005 en Utingen (Alemania).

Actualmente es propiedad de GFI Software. El software puede usarse instalándolo en el sistema, aunque la versión 'Quick Support' puede ejecutarse sin necesidad de instalación. Para conectarse a otro equipo, ambos deben estar ejecutando TeamViewer. Para su instalación, requiere acceso de administrador, pero una vez instalado puede ser usado por cualquier usuario del ordenador. Cuando se inicia en un equipo, el programa genera una ID y una contraseña (también permite que el usuario establezca su propia contraseña). Para establecer una conexión entre un equipo local y otro remoto, el usuario del equipo local debe ponerse en contacto con el otro y este debe indicarle la ID y la contraseña. Una vez hecho esto, se introducen en el programa Teamviewer que se está ejecutado en el ordenador local. Para comenzar una reunión en línea, el ponente proporciona la ID de dicha reunión a los participantes. Estos se unen a la sesión utilizando la versión completa del programa, o accediendo a la versión para navegador web mediante dicho ID. También es posible programar una reunión con antelación.

VNC es un software de control remoto que permite ver e interactuar totalmente con una computadora de escritorio (o "servidor de VNC") mediante un sencillo programa (el "visualizador de VNC") en otra computadora de escritorio en cualquier lugar en Internet. (Software VNC, 2013)

Las dos computadoras no tienen ni siquiera que ser del mismo tipo, por ejemplo puede usar VNC para visualizar una computadora de Windows Vista en la oficina y una computadora Mac o Linux en casa. Para mayor simplicidad hay también un visualizador en Java, por lo que cualquier computadora puede ser controlada

remotamente desde un navegador sin tener que instalar el software.

El uso de VNC está difundido por millones de clientes en todos los segmentos: industria, académico y sector privado. Hay varias versiones para elegir, incluyendo una versión libre y algunas versiones mejoradas sustancialmente para uso comercial, que contienen las siguientes características:

Impresión; Cross-Plataform VNC Chat; Sesión integrada de seguridad; Plataforma de autenticación nativa; Un puerto HTTP y VNC; Soporte a proxy HTTP; Desktop Scaling; Interoperabilidad entre plataformas; Transferencia de archivos; Integrated VNC Address Book; VNC Deployment Tool (solamente para Windows);

III. 2.3 DECISIÓN DE HARDWARE A UTILIZAR PARA PROTOTIPO

Existen varias alternativas para esto con: un microcontrolador PIC (Página de PIC, 2013), ARDUINO (Página oficial de Arduino, 2013), NATIONAL INSTRUMENTS (National Instruments, 2013)

Opción 1.- Con PIC es económico pero se tiene que diseñar mucho hardware alrededor lo que complica el prototipo y también no se puede utilizar para uso rudo las 24 horas los 7 días de la semana por lo que se descarta.

Opción 2.- Con Arduino existen varios modelos el que más se ajusta para nuestro proyecto es el Arduino UNO que tiene salidas PWM para servomotores y salidas digitales, el precio es medio que se ajusta a nuestro presupuesto.

Opción 3.- Con National Instruments son tecnología electrónica muy buena pero es muy grande el costo de los equipos por lo que lo descartamos.

Decidimos utilizar el Arduino UNO, ya que se diseñaron otros dispositivos electrónicos como drivers para los motores a pasos, tarjetas de buffers para las salidas digitales del Arduino y servomotores y tarjeta de adquisición de datos para los sensores de límites inferior y superior para los ejes de coordenadas.

III. 2.4 DECISIÓN DE SOFTWARE A UTILIZAR PARA PROTOTIPO

Opción 1.- Labview + Arduino, en esta opción se aprovecha la interface gráfica de Labview y el Hardware del Arduino.

Opción 2.- Matlab + Simulink + Arduino, en esta opción se aprovecha la potencia de cómputo de Matlab, con ambiente gráfico de Simulink con la interface de Arduino

Opción 3.- Página web + Python + Arduino, programar en una página web los botones, activarlos con el lenguaje de programación de Python y utilizar Arduino.

Nos fuimos por la primera opción, ya que existe una utilidad muy fácil de utilizar.

III. 3 CONCLUSIONES

La contribución original que hacemos es una solución con software libre el cual la licencia no tiene costo, el hardware es de costo muy bajo ya que es una plataforma para desarrollo de prototipos y utilizamos motores a pasos reciclados de impresoras que se dieron de baja por obsoletas y la parte mecánica lo hicimos con materiales de bajo costo como son las guías para cajones y los postes para libreros metálicos, está especialmente diseñado para escuelas que no tienen mucho presupuesto para invertir en un laboratorio remoto y por su versatilidad se puede ajustar a un sinnúmero de robots y plantas industriales que por su costo es muy complicado compartir con todos los alumnos a cualquier horario.

El impacto social es muy grande ya que le da oportunidad de hacer prácticas de laboratorio a alumnos que por el horario de trabajo o por ser alumnos a distancia que no tienen acceso a un tan costoso como puede ser un robot industrial o una celda de manufactura.

En el siguiente Capítulo IV ESQUEMAS EXPERIMENTALES, nos enfocaremos al diseño físico del prototipo de los dos laboratorios: el de manufactura flexible de UPAEP y el de Robótica y Mecatrónica avanzada de UNISON. Nos referimos a las páginas diseñadas, al dispositivo que controlará el Teach Pendant y su algoritmo de control culminando con el diagrama lógico del prototipo de cada uno de ellos.

CAPÍTULO IV. ESQUEMAS EXPERIMENTALES

IV. 1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo trataremos sobre el diseño físico del prototipo y las decisiones por las que llegamos a los prototipos.

IV. 2 DISEÑO FÍSICO DEL PROTOTIPO

Aquí vamos a utilizar 2 plataformas experimentales: La del laboratorio de Manufactura Flexible de UPAEP en la ciudad de H. Puebla de Z., Puebla y el laboratorio de Robótica y laboratorio de Mecatrónica avanzada de la UNISON en Hermosillo, Sonora.

IV. 2.1 EL LABORATORIO DE MANUFACTURA FLEXIBLE UPAEP

En la Fig. 3 tenemos una Vista general del Laboratorio de Manufactura Flexible.



FIG. 3 VISTA GENERAL DEL LABORATORIO DE MANUFACTURA FLEXIBLE DE UPAEP.

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó tecnología de vanguardia que emula un Sistema Flexible de Manufactura FMS (Flexible Manufacturing System) para diversos procesos. Un sistema de manufactura flexible consiste de un grupo de estaciones de procesamiento, predominantemente máquinas herramientas de Control Numérico por Computadora (CNC), las cuales son interconectadas por medio de un sistema de manejo de recuperación de material automático. Lo que da su nombre al FMS es su capacidad de procesar una variedad de diferentes tipos de partes simultáneamente bajo un programa de control CNC en varias estaciones, flexible porque es capaz de procesar varios productos y cantidades de producción que pueden ser ajustadas en respuesta a los comportamientos de la demanda, que a diferencia de la manufactura tradicional no lo puede realizar.

En nuestro caso, el laboratorio que se presenta utiliza tecnologías de fabricación por arranque de viruta (torneado y fresado), y el control de procesos totalmente automatizados. El laboratorio cuenta con estaciones modulares de diferentes tecnologías como son:

1. Estación de almacenamiento.
2. Estación de transporte
3. Estación de enlatado
4. Celda de manufactura (2 máquinas CNC) y un robot (tipo Gantry) para carga y descarga de material.
5. Estación de control y monitoreo.

6. Robot F3 sobre una mesa de trabajo.

Las estaciones pueden trabajar de manera independiente o funcionar coordinadas para lograr la fabricación desasistida. A través de protocolos de comunicación y secuencias de trabajo, es posible coordinar los equipos para crear secuencias altamente automatizadas. Las prácticas son desarrolladas por equipos multidisciplinarios de 3 a 4 personas. Las instrucciones de manejo y las medidas de seguridad son estrictamente vigiladas para proteger la integridad de los alumnos y de las instalaciones.

Las prácticas tienen por objetivo fomentar el desarrollo de programación y secuenciación de procesos, de igual forma, pone al alcance del alumno equipo industrial que se emplea actualmente en el entorno laboral.

En las figuras 3, 4, 5 y 6 mostramos parte del laboratorio de manufactura flexible, el robot F3, robot tipo Gantry y la fresadora CNC.



FIG. 4 ROBOT F3 SOBRE UNA MESA DE TRABAJO.



FIG. 5 ROBOT TIPO GANTRY.



FIG. 6 FRESADORA CNC.

IV. 2.1.1 EL SERVIDOR LAMP Y SUS PÁGINAS

Para administrar el acceso al laboratorio remoto se emplean los parámetros: usuarios, contraseña y tiempo reservado de los equipos. También se habilitó por software el acceso a escritorio remoto y por hardware el acceso a un dispositivo

diseñado para manipular un Teach Pendant remotamente. Como retroalimentación del laboratorio se colocaron dos cámaras IP para ver en tiempo real los cambios que se realizan remotamente. Además se cuenta con micrófonos para monitorear alarmas sonoras en caso de ser activadas durante el uso del equipo

ESCRITORIO REMOTO Y CAMARAS IP

Para decidir que software utilizar se eligió de 108 diferentes programas y el que usamos fue: TeamViewer.

Para las cámaras IP podemos apreciar en la Figura 7 las que se eligieron se pueden mover a control remoto de manera vertical horizontal y con Zoom.



FIG. 7 CAMARAS IP.

PÁGINAS WEB DEL SERVIDOR LAMP:

En las figuras 8 a la 15 se presentan las páginas del sitio que presenta la interfaz al usuario durante la solicitud y reservación de tiempo para uso del equipo.



FIG. 8 PÁGINA DE INICIO.

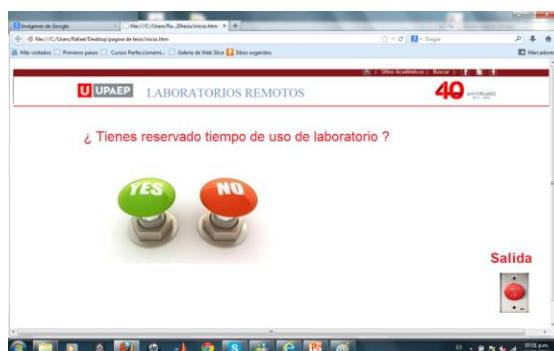


FIG. 9 PÁGINA DE RESERVACIÓN 1.



FIG. 10 PÁGINA DE RESERVACIÓN 2.

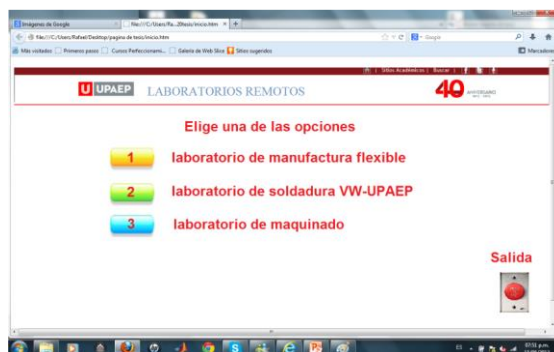


FIG. 11 PÁGINA PARA ELEGIR EL LABORATORIO.



FIG. 12 PÁGINA PARA ELEGIR EL EQUIPO DE LABORATORIO 1.

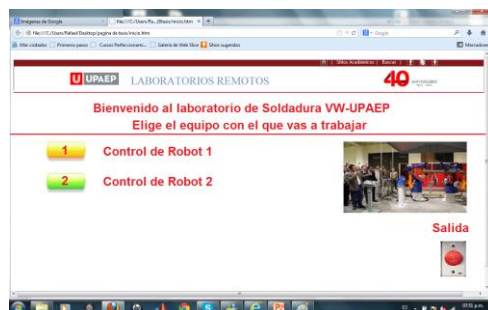


FIG. 13 PÁGINA PARA ELEGIR EL EQUIPO DEL LABORATORIO 2.

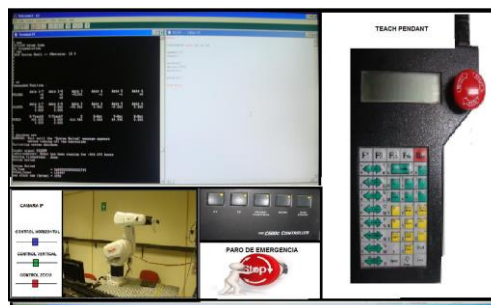


FIG. 14 PÁGINA PARA CONTROL REMOTO ROBOT 1.

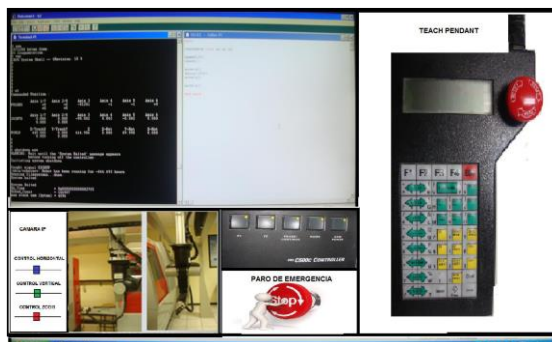


FIG. 15 PÁGINA PARA CONTROL REMOTO ROBOT 2.

IV. 2.1.2 EL DISPOSITIVO DISEÑADO PARA OPERAR EL TEACH PENDANT PARA ROBOT CRS F3

Para la tele operación de un robot industrial, algunos autores de artículos relacionados tienen acceso al programa fuente que controla el robot y pueden abrir e interactuar con los circuitos físicos del mismo, el controlador, etc.

Las condiciones de entrada del diseño que propuesto en esta tesis doctoral son las siguientes:

- 1.- El software es propietario y no se acceda al código fuente.
- 2.-El hardware no se modifica internamente, se opera de forma externa.

Bajo estas condiciones se diseñó el control del robot para operarlo remotamente. Esto brinda una metodología para operar cualquier robot sin modificar tanto el software como el hardware original. Debido a que se opera a los robots con el software de fábrica y se añade el diseño de un dispositivo que controla el teach pendant.

Existen muchas clases y tipos de teach pendant, sin embargo las principales características son las siguientes:

- 1.- Un keypad con un arreglo de teclas push button. En nuestro caso $5 \times 9 = 45$
- 2.- Un live-man switch o dead-man que es un interruptor que habilita el teclado.
- 3.- El Emergency-stop o botón de paro de emergencia.
- 4.- El Screen o pantalla, que puede ser alfanumérica o una pantalla de computadora.
- 5.- Una bocina o Pendant Sounds, que emite sonidos de alerta.
- 6.- Un interruptor rotativo de operación.

Ejemplos de Teach Pendant de otros Robots Industriales en la fig. 16





FIG. 16 EJEMPLOS DE TEACH PENDANT INDUSTRIALES.

En este caso en particular no se cuenta con el interruptor rotativo de operación, figura 17.

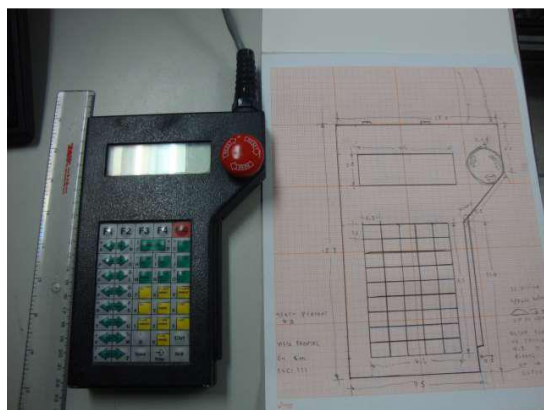


FIG. 17 TEACH PENDANT PARA EL ROBOT F3.

El modelo final tiene las siguientes características:

Se emplea Tecnología Electrónica de National Instruments en combinación con Arduino de entradas y salidas digitales para controlar los motores a pasos y servomotores. De esta manera se posiciona el actuador exactamente en la ubicación del interruptor que se desea accionar. El robot cuenta con movimientos en el espacio tridimensional XYZ, de manera que los movimientos en el plano XY

permiten posicionar al robot en el botón correspondiente y en la coordenada Z se mueve el actuador para presionar el interruptor deseado.

Además, por seguridad, se cuenta con actuadores independientes para los botones de paro de emergencia y el interruptor live-man. Además de cinco actuadores para el panel de control del robot F3 y un actuador para paro de emergencia adicional. Así mismo, se realiza el monitoreo del display del Teach Pendant mediante una cámara web con micrófono. Todo esto se controla a través de una PC por escritorio remoto.

Para el caso de los FMS que son: banda transportadora, enlatadora y almacén vertical, únicamente necesitamos tener acceso al escritorio remoto de cada uno para controlar sus procesos. Estos a su vez dirigen los controladores lógicos programables (PLC) que están directamente involucrados en los mismos, de manera que no se modifica el software original. Los equipos CNC, torno y fresadora no fueron incluidos en el control remoto.

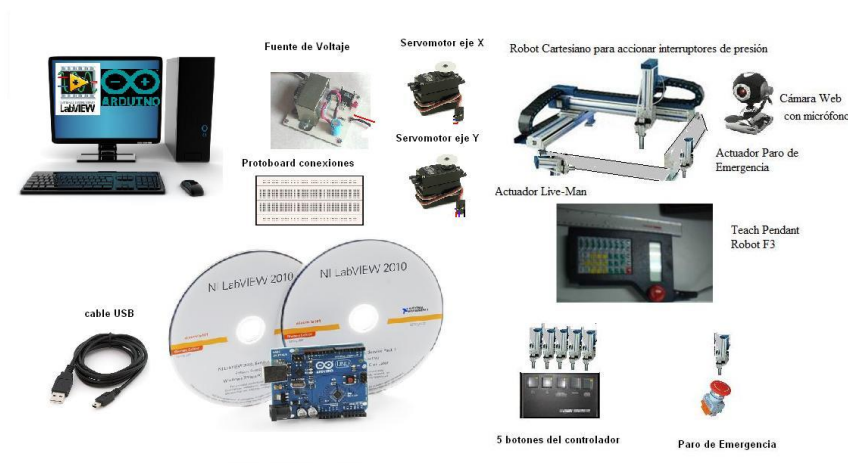


FIG. 18 PROTOTIPO PARA DISPOSITIVO DE CONTROL.

IV. 2.1.3 DIAGRAMA DE FLUJO

Para desarrollar el diagrama de flujo se asignaron valores en coordenadas rectangulares a cada interruptor, los cuales aparecen en la página web, como se presenta en la Tabla 4. De manera que si se desea presionar un interruptor se debe dar clic en el botón deseado. En la Tabla 5 se presenta el número de giros correspondientes a los movimientos en el plano XY de los motores del actuador.

Los motores están acoplados cada uno a tornillos sinfín, los cuales mueven una rosca en donde está colocado mecánicamente el actuador en los dos ejes. Dependiendo del paso del tornillo sinfín y el número de hilos tendremos una relación del número de giros respecto a la distancia que se moverá la tuerca. En nuestro caso un paso 2 mm y un hilo requieren de 5 giros para un avance de un centímetro. Esto ocurre tanto para el eje X como para el eje Y de manera independiente, el sentido de giro se asigna de acuerdo a la Tabla 5.

En la Fig. 29 se describe el algoritmo de control. En el Inicio la posición actual será la posición de home en la coordenada (0,0) y la posición deseada la inicializamos en (0,0). Posteriormente, se espera el ingreso del dato de nueva posición por medio de la interface gráfica y se le asignan los valores de acuerdo a la Tabla 4 del botón a la posición deseada en X y en Y. Si la posición deseada y la posición actual son la misma, entonces se puede habilitar la activación del actuador para presionar el botón deseado, si no es así se deshabilita la activación para que no salga el actuador cuando el robot cartesiano se mueva hacia la nueva posición. Después se compara la posición deseada con la posición actual y, de acuerdo a la Tabla 5, el

motor del eje de las X girará a la derecha o a la izquierda. De igual manera se compara la posición deseada en Y de acuerdo a la Tabla 5 y el motor del eje Y gira para subir o bajar hasta la posición deseada. Después de este proceso la posición deseada se convierte en la posición actual y como son iguales al regresar a la primera condicional habilitará la activación del actuador. Dicha activación se realiza con el botón derecho del mouse. Es importante mencionar que existe una opción de salida del algoritmo presionando Ctrl-Z, porque el algoritmo consta de un ciclo infinito.

TABLA 4. MATRIZ DE TECLADO.

(0,8)	(1,8)	(2,8)	(3,8)	(4,8)
(0,7)	(1,7)	(2,7)	(3,7)	(4,7)
(0,6)	(1,6)	(2,6)	(3,6)	(4,6)
(0,5)	(1,5)	(2,5)	(3,5)	(4,5)
(0,4)	(1,4)	(2,4)	(3,4)	(4,4)
(0,3)	(1,3)	(2,3)	(3,3)	(4,3)
(0,2)	(1,2)	(2,2)	(3,2)	(4,2)
(0,1)	(1,1)	(2, 1)	(3,1)	(4,1)
(0,0)	(1,0)	(2,0)	(3,0)	(4,0)

TABLA 5. MATRIZ DE GIROS POR AVANZAR.

GIRO A LA DERECHA	VALOR DE AUXX	0	1	2	3	4
	NUMERO DE GIROS	0	5	10	15	20
GIRO A LA IZQUIERDA	VALOR DE AUXX	-4	-3	-2	-1	
	NUMERO DE GIROS	-20	-15	-10	-5	
GIRO HACIA ARRIBA	VALOR DE AUXY	0	1	2	3	4
	NUMERO DE GIROS	0	5	10	15	20
	VALOR DE AUXY	5	6	7	8	
	NUMERO DE GIROS	25	30	35	40	
GIRO HACIA ABAJO	VALOR DE AUXY	-1	-2	-3	-4	
	NUMERO DE GIROS	-40	-35	-30	-25	
	VALOR DE AUXY	-5	-6	-7	-8	
	NUMERO DE GIROS	-25	-30	-35	-40	

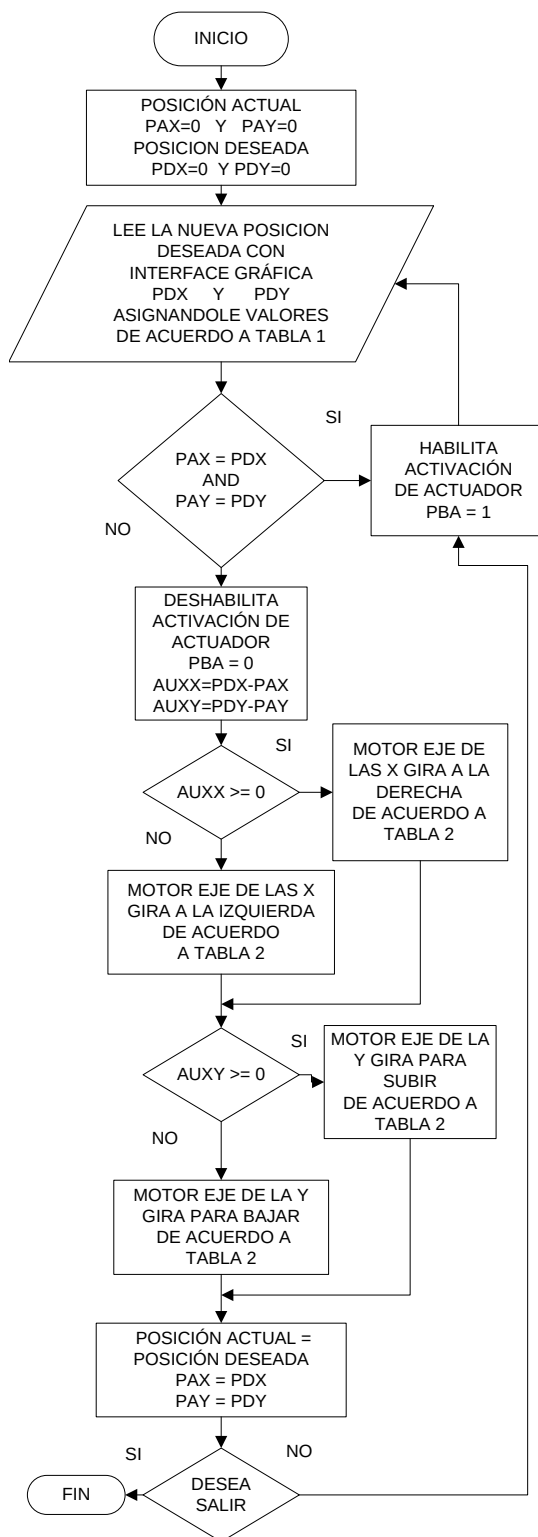


FIG. 19 DIAGRAMA DE FLUJO.

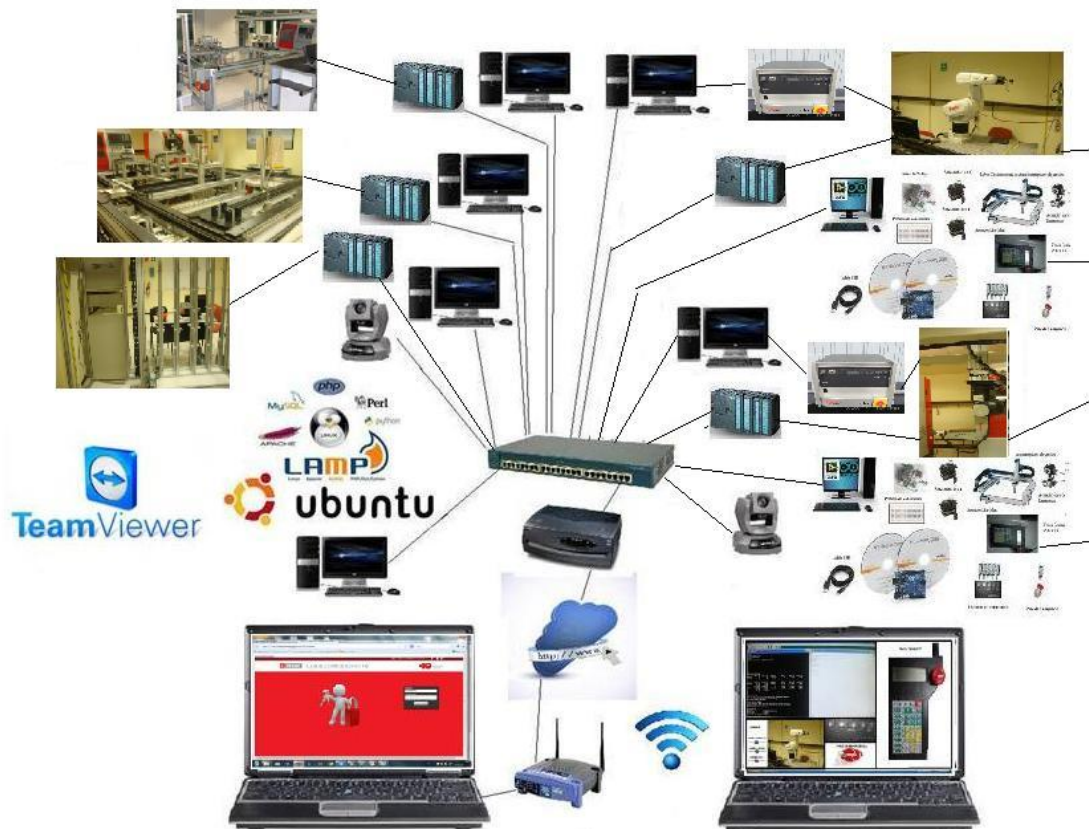


FIG. 20 DIAGRAMA LÓGICO UPAEP.

IV. 2.2 EL LABORATORIO DE ROBÓTICA Y MPS DE UNISON

Es parte de los objetivos diseñar otro laboratorio en este caso en otra universidad con la misma técnica para el desarrollo de este trabajo se utilizó un Robot FANUC arc mate 100i y 5 estaciones de trabajo MPS. Las estaciones pueden trabajar de manera independiente o funcionar coordinadas para lograr la fabricación desasistida. A través de protocolos de comunicación y secuencias de trabajo es posible coordinar los equipos para crear secuencias altamente automatizadas.

En las figuras 21, 22 y 23 mostramos Robot FANUC arc mate 100 i y 5 estaciones MPS.



FIG. 21 ROBOT FANUC ARC MATE 100I.



FIG. 22 CINCO MPS DE UNISON.



FIG. 23 CINCO MPS.



FIG. 24 PRIMER MPS ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN.

La figura 24 nos muestra la MPS Estación de Distribución.

La Estación de Distribución separa piezas. Hay hasta ocho piezas en el tubo del almacén de apilado. Un cilindro de doble efecto expulsa las piezas individualmente. El módulo Cambiador sujeta la pieza separada por medio de una ventosa. El brazo del cambiador, que es accionado por un actuador giratorio, transporta la pieza al punto de transferencia de la estación posterior. La estación de Distribución utiliza varios actuadores, todos ellos son componentes industriales. El actuador giratorio del brazo basculante puede ajustarse a diversos ángulos entre 0° y 180° . Las posiciones finales son detectadas por medio de microinterruptores. Un cilindro lineal de doble efecto empuja la pieza extrayéndola del almacén de apilado. Las posiciones finales son detectadas utilizando sensores de proximidad. La pinza de aspiración del módulo Cambiador sujeta la pieza. El vacío es generado en la placa de vacío del terminal de válvulas CP por medio del principio Venturi y es supervisada por un presostato. El punto de conmutación del presostato es ajustable.

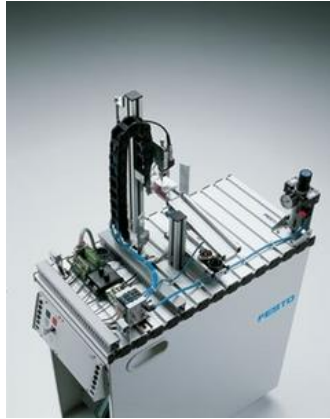


FIG. 25 SEGUNDO MPS ESTACIÓN DE VERIFICACIÓN.

La figura 25 nos muestra la MPS Estación de verificación

La Estación de Verificación detecta las diversas propiedades de las piezas que trata. Distingue las piezas con la ayuda de un sensor óptico y un sensor capacitivo. Un sensor de retro-reflexión supervisa si el espacio operativo está libre después de que la pieza haya sido elevada por un cilindro lineal. Un sensor analógico mide la altura de la pieza. Un cilindro lineal guía las piezas correctas hacia la estación siguiente, a través de la rampa con colchón de aire. Las piezas defectuosas son rechazadas a través de la rampa de aire inferior. La estación de Verificación utiliza todos los tipos básicos de sensores industriales en aplicaciones típicas: sensores de proximidad ópticos y capacitivos y sensores ópticos de retro-reflexión. Estos son suplementados con diversos finales de carrera de cilindros (inductivos, magnéticos). Un sensor analógico detecta la altura de la pieza, que es elevada desde abajo por un cilindro lineal y presionada contra el dispositivo de medición. Un comparador evalúa la señal del sensor y la emite como una señal digital. La señal analógica

también está disponible en un terminal aparte – permitiendo la conexión a la caja de simulación o a un PLC con un módulo analógico.



FIG. 26 TERCER MPS ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO.

La figura 26 nos muestra MPS Estación de Procesamiento

En la **Estación de Procesamiento**, las piezas se verifican y se procesan en una mesa giratoria de indexación. Esta estación utiliza sólo accionamientos eléctricos. La mesa giratoria de indexación es accionada por un motor DC. La mesa es posicionada por medio de un circuito por relés, siendo detectada la posición de la mesa a través de un sensor inductivo. En la mesa de indexación giratoria, las piezas son verificadas y taladradas en dos procesos paralelos. Un electroimán con un sensor inductivo verifica que las piezas se hallen colocadas en la posición correcta. Durante el taladrado, la pieza es sujeta por un electroimán. Las piezas acabadas son sacadas a través de un expulsor eléctrico. Operación de taladrado, el avance del taladrado se realiza por medio de un eje lineal con motor DC, controlado por un arrancador reversible. Las posiciones finales son detectadas por medio de microinterruptores. El taladro es completamente funcional, pero por razones de

seguridad, el proceso de taladrado sólo se simula. La estación requiere la programación de dos procesos ejecutados en paralelo: taladrado y verificación del taladro. Esta estación ofrece también una gama de diferentes accionamientos:

- Taladro DC
- Motor DC en mesa de indexación giratoria
- Accionamiento eléctrico lineal para avance del taladro
- Distribuidor de clasificación eléctrico
- Actuador de solenoide en el módulo de sujeción y el módulo de verificación



FIG. 27 CUARTO MPS ESTACIÓN DE MANIPULACIÓN.

La fig. 27 nos muestra el MPS Estación de Manipulación.

La **Estación de Manipulación**, eléctrica, está equipada con un manipulador flexible de dos ejes. Las piezas insertadas en el soporte son detectadas por un sensor de reflexión directa. El dispositivo manipulador toma la pieza de allí con la ayuda de una pinza neumática. La pinza está dotada de un sensor óptico que distingue entre piezas "negras" y "no negras". Las piezas pueden colocarse en diferentes rampas según este criterio. Pueden definirse otros criterios de clasificación si la estación se combina con otras estaciones. Las piezas también pueden transferirse a la estación

siguiente. Un buen ejemplo: Sistema de manipulación modular de Festo. La estación de Manipulación, eléctrica, utiliza componentes de manipulación industriales. Un eje lineal eléctrico con motor DC, permite un rápido posicionamiento, incluso a posiciones intermedias. Un cilindro lineal plano con detección de posiciones finales sirve como cilindro elevador para el eje Z. Una moderna pinza neumática lineal se halla montada en el cilindro elevador. El sensor óptico integrado en la mandíbula de la pinza reconoce las piezas. El módulo PicAlfa, eléctrico, es altamente flexible: la longitud de la carrera, la inclinación de los ejes, la disposición de los sensores de final de carrera y posición de montaje pueden ajustarse. Esto permite a la estación adaptarse a una amplia gama de tareas de manipulación sin el uso de elementos adicionales – un proyecto ideal para alumnos avanzados. El terminal de válvulas eléctrico del Módulo PicAlfa está equipado con dos válvulas monoestables libres. Esto permite realizar ampliaciones de la forma más fácil, p. ej., la ampliación con un almacén apilador.



FIG. 28 QUINTO MPS ESTACIÓN DE CLASIFICACIÓN.

La figura 28 nos muestra la MPS Estación de Clasificación

La **Estación de Clasificación** clasifica las piezas en tres rampas. Las piezas situadas al principio del transportador son detectadas por un sensor de reflexión directa. Los sensores antes del tope detectan las características de la pieza (negra, roja, metálica). Los desviadores clasificadores, accionados por cilindros de carrera corta, permiten dirigir las piezas a las rampas adecuadas. Un sensor de retroreflexión detecta el nivel de llenado de las rampas.

Tema: Detección del material. Sensores ópticos e inductivos detectan el color y el material de las piezas. Cilindros de carrera corta detienen la pieza en el transportador y la pasan para clasificación en una de las tres rampas.

Para trabajos de proyecto: Actualizaciones a partir del sistema de transporte modular

Todos los módulos y componentes utilizados en esta estación son parte del sistema de transporte modular, por ejemplo:

- Compuertas de clasificación con cilindros de carrera corta
- Sensores
- Raíles de guía
- Motor del transportador

Su gran modularidad hace que la estación de Clasificación sea especialmente adecuada para trabajos de proyecto

IV. 2.2.1 EL SERVIDOR LAMP Y SUS PÁGINAS

Se utiliza un servidor LAMP, como retroalimentación del laboratorio se colocaron dos cámaras IP para ver en tiempo real los cambios que se realizan remotamente, las cuales pueden moverse en el plano XY y cuentan con ZOOM (ver Fig. 29). Además se cuenta con micrófonos para monitorear alarmas sonoras en caso de ser activadas durante el uso del equipo. Para el escritorio remoto se utilizó VNC (Computación Virtual en Red) que permite hacer conexiones punto a punto que puede funcionar con Windows, MAC, UNIX y LINUX.



FIG. 29 CÁMARA IP.

En las figuras 30 a la 35 se presentan las páginas del sitio que presenta la interfaz al usuario durante la solicitud y reservación de tiempo para uso del equipo.



FIG. 30 PÁGINA DE INICIO.

Funcion para asignacion de horarios disponibles

fecha: 2014-07-10

usuario: x

Seleccione dispositivo a utilizar

fanuc	mps1	mps2	mps3
	mps4	mps5	

FIG. 31 PÁGINA DE RESERVACIÓN 1.



FIG. 32 PÁGINA DE RESERVACIÓN 2.



FIG. 33 PÁGINA PARA ELEGIR EL EQUIPO.

Eventos apartados para el mes de Julio			
Fecha	Evento	Accion	Eliminar eventos
2014-07-10	11am - 1pm	fanuc	Eliminar
Aceptar			

FIG. 34 PÁGINA PARA ELEGIR EL EQUIPO.

Es importante mencionar que, por seguridad, se cuenta con actuadores independientes para los botones de paro de emergencia y el interruptor dead-man. Además de un actuador para el interruptor rotativo.

El display y los indicadores de status del Teach Pendant están continuamente monitoreados durante su uso por una cámara Web con micrófono y se controla por escritorio remoto como se muestra en la figura 35.



FIG. 35 PÁGINA PARA CONTROL REMOTO ROBOT FANUC.

Para el caso de los MPS, únicamente se acceda al escritorio remoto de cada uno para controlar sus procesos. Estos a su vez dirigen los controladores lógicos

programables (PLC) que están directamente involucrados en los mismos, de manera que no se modifica el software original. Un ejemplo para este caso se presenta en la Fig. 36.

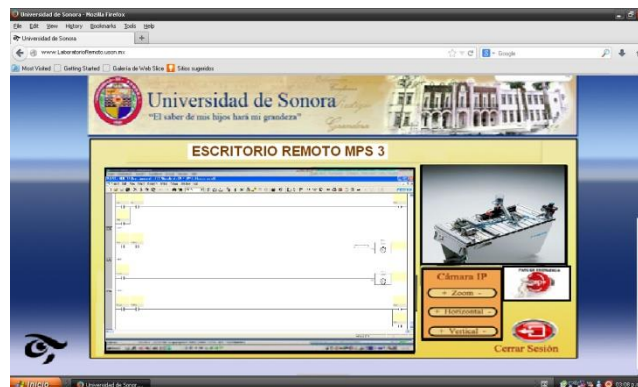


FIG. 36 PÁGINA PARA CONTROL REMOTO MPS 3.

IV. 2.2.2 EL DISPOSITIVO DISEÑADO PARA OPERAR EL TEACH PENDANT PARA ROBOT FANUC ARC MATE

Para controlar el dispositivo Teach Pendant se desarrolló un robot cartesiano que emplea lenguaje de programación Python con tecnología electrónica de Arduino.

El robot cuenta con movimientos en el espacio tridimensional XYZ . Los movimientos en el plano XY se llevan a cabo mediante dos servomotores que posicionan al robot en el botón correspondiente y un actuador en la coordenada z permite presionar el interruptor deseado. El Arduino se programa con dos salidas digitales empleando modulación por ancho de pulso (PWM) para controlar los servomotores y con cuatro salidas digitales convencionales para controlar los actuadores. De esta manera el robot cartesiano posiciona un actuador exactamente

en la ubicación del interruptor que se desea accionar. En las Figs. 37, 38 y 39 se presentan vistas y descripción del teach pendant del Robot FANUC.



FIG. 37 VISTA POSTERIOR TEACH PENDANT.



FIG. 38 VISTA FRONTAL DEL TEACH PENDANT.

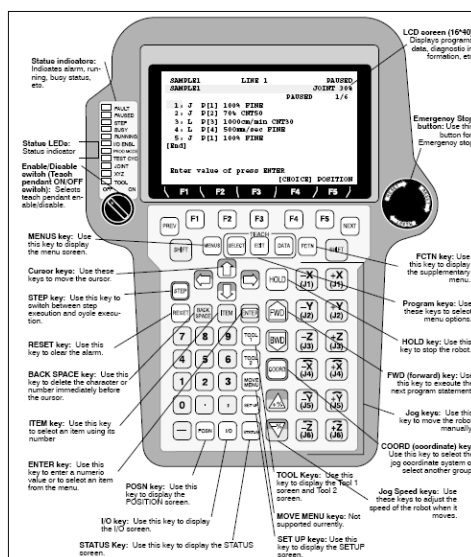


FIG. 39 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES DEL TECLADO DEL TEACH PENDANT.

En la figura 40 podemos apreciar el prototipo del proyecto



FIG. 40 PROTOTIPO DEL PROYECTO.

IV. 2.2.3 DIAGRAMA DE FLUJO

Para describir el algoritmo de control partiremos primero con la tabla 6 en donde asignamos valores en coordenadas rectangulares para cada interruptor que vamos a accionar la cual aparecerá en la página web, si deseamos presionar un interruptor debemos dar clic en el botón deseado y mediante el algoritmo de control decidirá cuantos grados deben girar el motor en X ya sea a la izquierda o a la derecha de la posición actual y después con el mismo algoritmo decidiremos cuantos grados deben girar el motor Y si va a subir o bajar de la posición actual.

TABLA 6 MATRIZ DEL TECLADO FANUC.

(0,8)	(1,8)	(2,8)	(3,8)	(4,8)
(0,7)	(1,7)	(2,7)	(3,7)	(4,7)
(0,6)	(1,6)	(2,6)	(3,6)	(4,6)
(0,5)	(1,5)	(2,5)	(3,5)	(4,5)
(0,4)	(1,4)	(2,4)	(3,4)	(4,4)
(0,3)	(1,3)	(2,3)	(3,3)	(4,3)
(0,2)	(1,2)	(2,2)	(3,2)	(4,2)
(0,1)	(1,1)	(2, 1)	(3,1)	(4,1)
(0,0)	(1,0)	(2,0)	(3,0)	(4,0)

Al girar el motor que está acoplado a un engrane y mueve una correa dentada en donde está colocado mecánicamente el actuador en los dos ejes. Dependiendo del paso del de la correa dentada tendremos una relación distancia por número de giros. En el eje de las X o en el eje de las Y según sea el caso.

El diagrama de flujo se presenta en la Fig. 41, en el Inicio la posición actual será la posición de home en la coordenada (0,0) y la posición deseada la inicializamos en (0,0). Después se espera a que se ingrese una nueva posición deseada con la interface gráfica y se asignan los valores de acuerdo a la tabla 6 del botón a la posición deseada en el eje x y en el eje y. Si la posición deseada y la posición actual son la misma entonces se habilita la activación del actuador para presionar el botón deseado. Si no es así, se deshabilita la activación para que no salga el actuador cuando el robot cartesiano se esté trasladando hacia la nueva posición.

Posteriormente se compara la posición deseada con la posición actual y se decide si el motor del eje de las x girará a la derecha o a la izquierda o no girará. Después se compara la posición deseada en y el motor del eje y girará para subir o bajar hasta posicionarse en donde se desea. Finalmente, la posición deseada asigna los valores a la posición actual iniciando de nuevo el ciclo. Para salir del algoritmo se selecciona el botón de SALIR de la interfaz gráfica, de esta manera el algoritmo terminará su ciclo de trabajo en FIN.

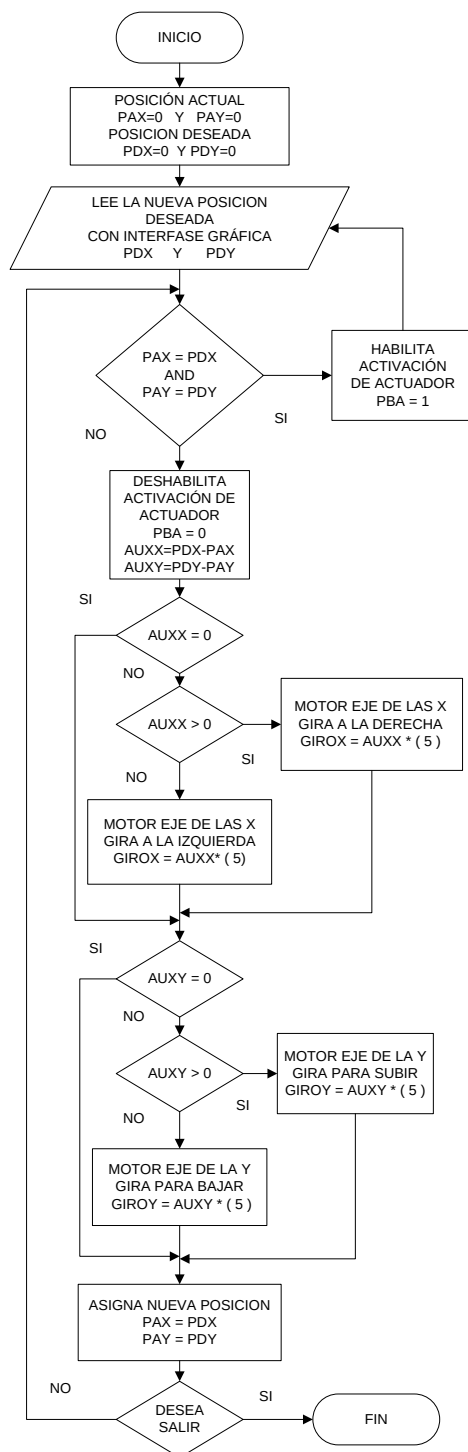


FIG. 41 DIAGRAMA DE FLUJO DEL ALGORITMO DE CONTROL.

En la figura 42 se puede apreciar el diagrama lógico del prototipo.



FIG. 42 DIAGRAMA LÓGICO DE UNISON.

IV. 3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

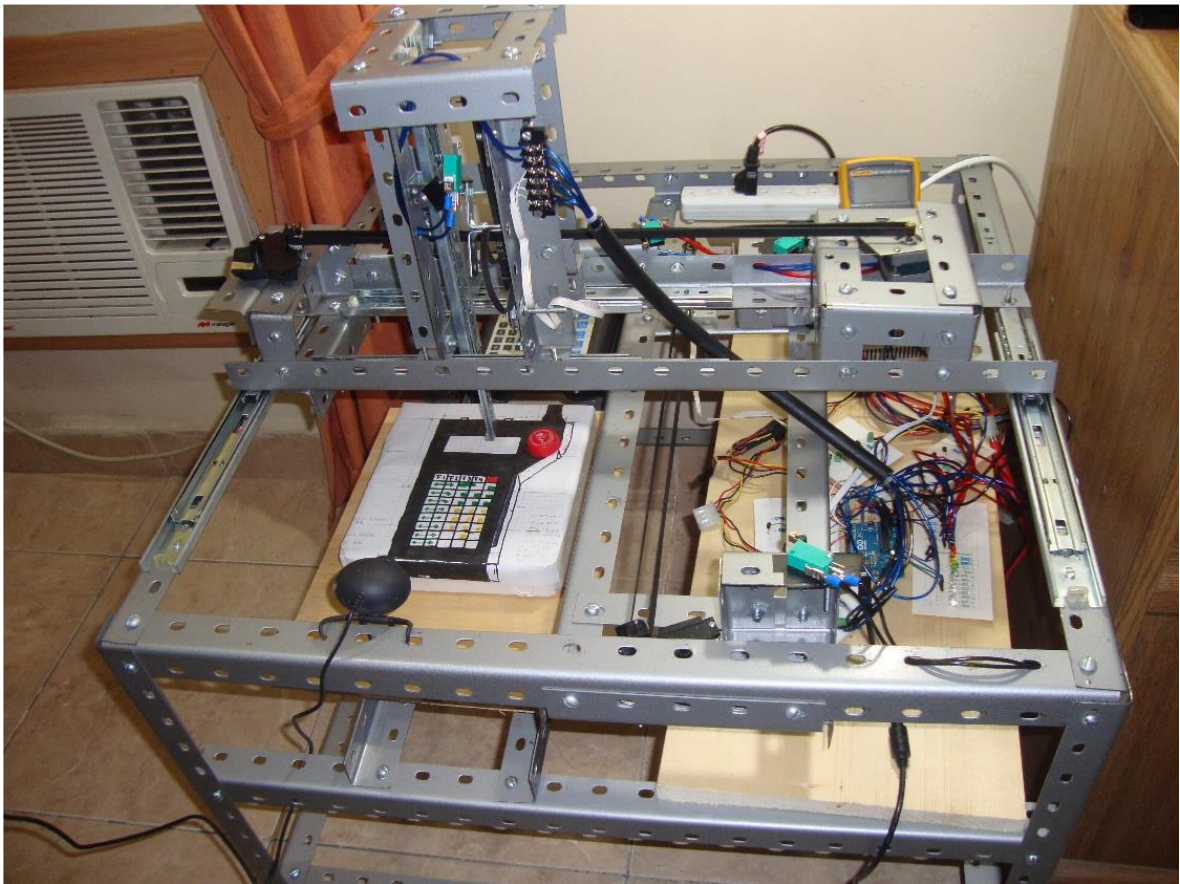


FIG. 43 PROTOTIPO MECATRÓNICO.

Se obtuvo a un prototipo mecatrónico en la Fig. 43 se muestra y se diseñó con 3 componentes: Mecánica, Electrónica y Programación.

DISEÑO MECÁNICO

Si utilizamos el método de diseño visto en el Doctorado por el maestro Max el cual es paralelo con varias opciones.

Requerimientos: Para el diseño mecánico nos debemos basar en los requerimientos de nuestro prototipo, que es para controlar un robot industrial y poder manipular una consola de aprendizaje (teach pendant) que contiene un teclado en matriz de interruptores pulsadores (push button), (5 columnas por 9 renglones, en

total 45 interruptores pulsadores), si colocamos un actuador para cada interruptor no es práctico por lo que se propone diseñar un robot que trabaje en 3 ejes X, Y & Z (X, Y para posicionar el interruptor pulsante deseado y Z para accionarlo).

1.- Tipo de Robot a utilizar

a).- Si utilizamos un robot antropomórfico, se puede pero se complica la programación, ya que debemos programar cada punto (x, y, z) para cada interruptor, y la trayectoria entre puntos, la cinemática inversa se complica un poco, por lo que lo descartamos por otra opción más sencilla.

b).- Si utilizamos un robot delta invertido, también se puede, pero se nos complica la cinemática inversa igual que la opción anterior, por lo que lo descartamos.

c).- Si utilizamos un robot cartesiano, nos parece la mejor opción ya que es muy sencilla la programación, ya que es directa, es la elegida.

2.- Dentro de los robots cartesianos se tiene varias opciones:

a).- un Robot cartesiano tipo fresadora CNC, es muy robusto y preciso, creo que quedaría sobrado para nuestro propósito, se descarta. Además del costo.

b).- Un cnc para circuitos impresos quedaría chica, ya que no soporta las dimensiones y peso de la consola de aprendizaje.

c).- del tamaño de una impresora 3d es mediana por lo que es la elegida.

3.- Dentro de las impresoras 3d existen varios métodos para el movimiento x, y, z

a).- Pórtico fijo, con un eje móvil para mover la consola de aprendizaje

b).- Pórtico fijo, con dos ejes móviles en X & Y, para mover la consola de aprendizaje, se vuelve muy inestable y puede afectar el funcionamiento de la

consola ya que se mueve constantemente y puede fallar el robot industrial, por seguridad se descarta.

c).- Pórtico móvil se necesitan 3 motores para el eje X, Y & Z. Es la mejor opción.

4.- Ejes de deslizamiento

a).- varillas redondas y bujes lineales, muy buenos pero muy caros

b).- Ejes cuadrados y bujes lineales, muy buenos pero muy caros

c).- con rueditas o carritos, se atorán y pueden fallar.

d).- Guías para cajones me parece la mejor opción por el costo y son bastante seguros.

5.- Motores a utilizar:

a).- Servomotor 180 grados, no tiene gran movimiento por lo que se descarta, se tendría que hacer un mecanismo muy sofisticado, se descarta.

b).- Servomotor 360 grados, se mueve hacia un lado y hacia el otro, pero no se tiene control de cuantas vueltas lleva por lo que se tendría que hacer un sensor de posición o Encoders adicional a los circuitos para poder controlarlo y como el número de puertos del Arduino es muy reducido, se descarta esta opción.

c).- Motorreductor, es muy bueno pero muy costoso

d).- Motor a pasos es la mejor opción, se controla exactamente la posición, es muy fuerte para el torque y la lógica de control puede ser con 2 bit y un enable como vimos en el desarrollo electrónico, es la mejor opción.

6.- Método de tracción:

a).- Banda o una cuerda, se puede usar y en el eje del motor poner una lija de Dremel para tener mayor fricción, pero es muy inseguro, se puede aflojar la cuerda o romperse de repente, se descarta.

b).- Correa dentada, fue la opción que nos da mayor velocidad.

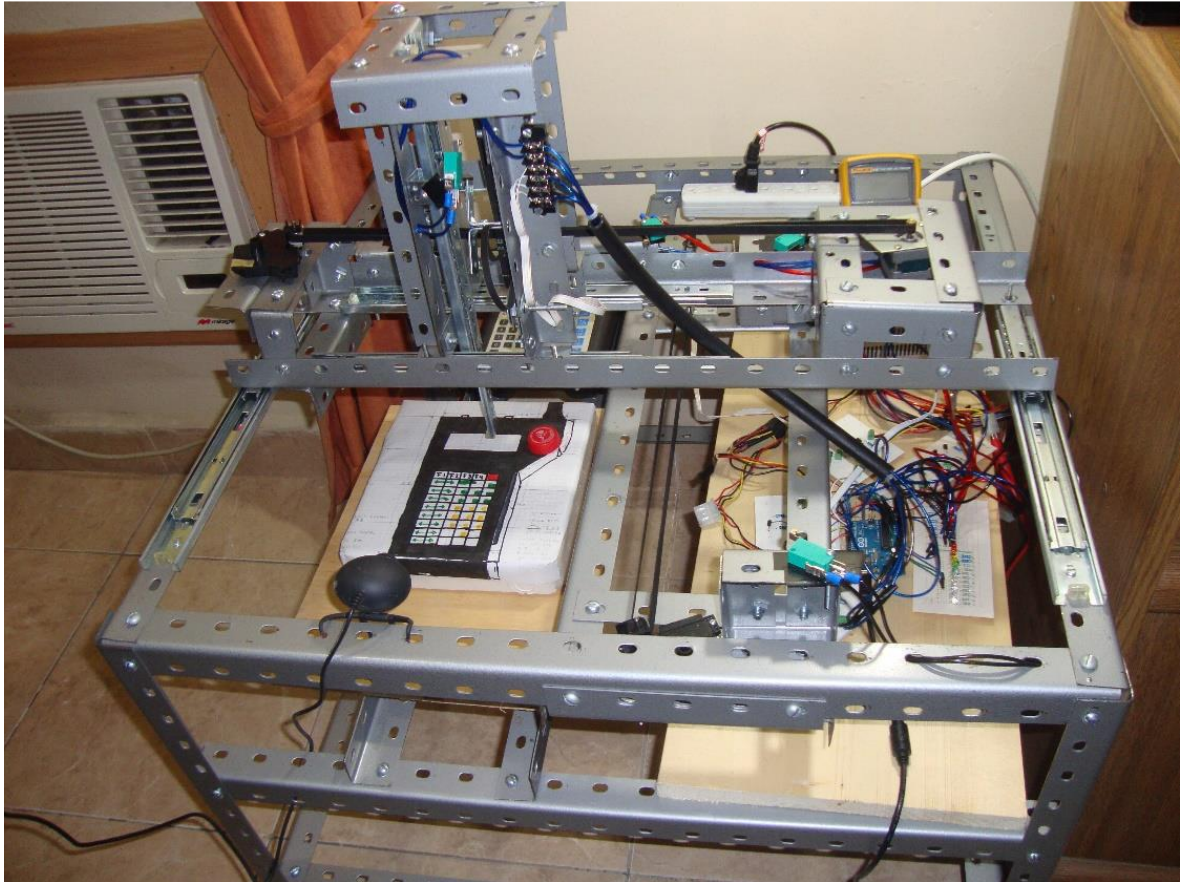


FIG. 44 PROTOTIPO MECATRÓNICO CON CORREA DENTADA Y ENGRANES, MECANISMO DE UNA IMPRESORA DE 15 PULGADAS DE MATRIZ DE PUNTOS.

c).- Tornillo sin fin y una tuerca, es muy exacta, si se utiliza un tornillo de bolas, pero como no necesitamos tanta exactitud, con un tornillo común y corriente se puede lograr un buen resultado, ya que el motor a pasos da pasos de 1.8 grados, por lo que necesita 200 pasos para a completar una vuelta, más que suficiente para la exactitud que necesitamos, ya que el tornillo tiene un paso pequeño, nos da buenos resultados para posicionar el actuador, con pocas vueltas completas.

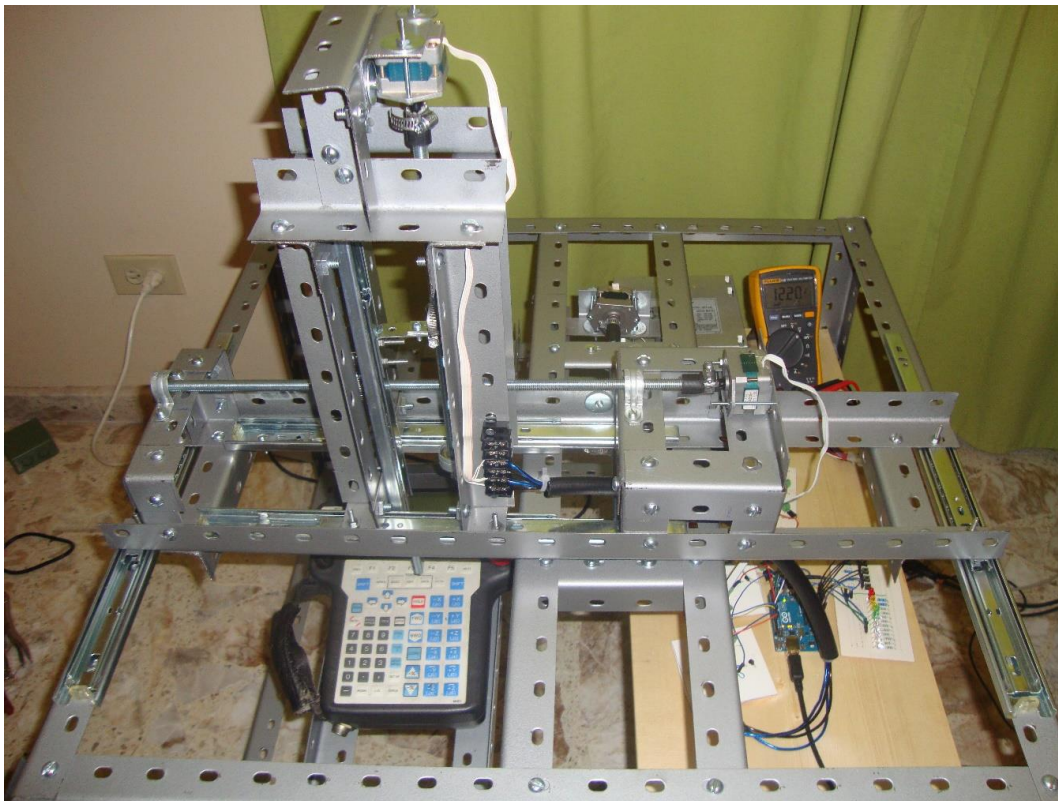


FIG. 45 PROTOTIPO MECATRÓNICO CON TORNILLOS DE ROSCA COMÚN.

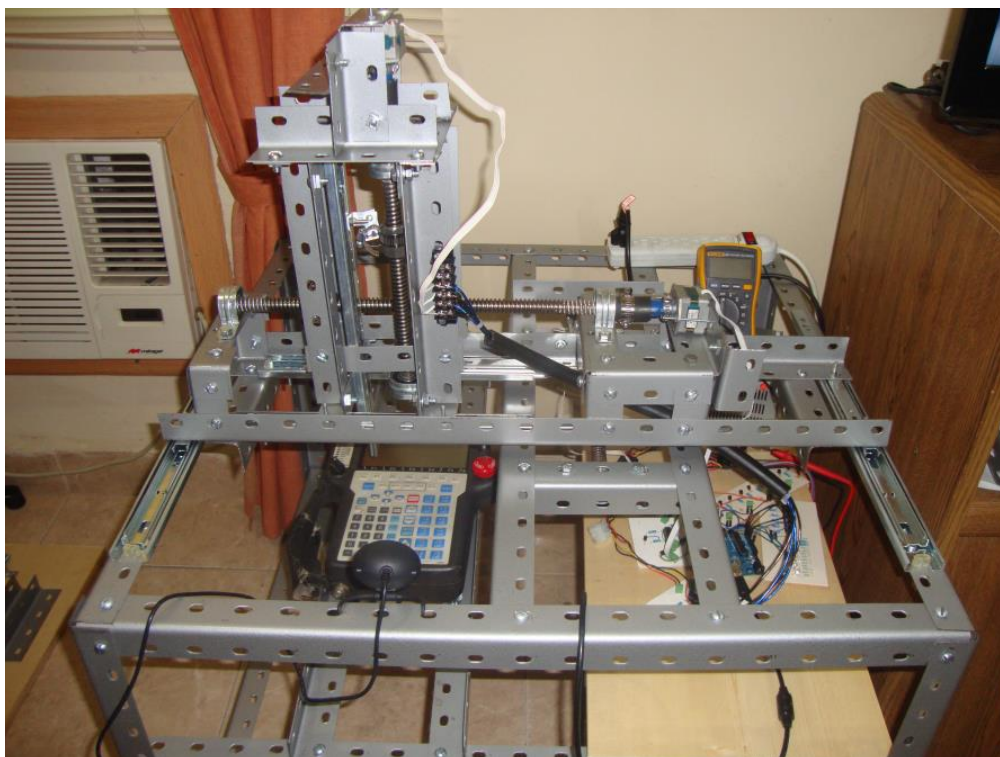


FIG. 46 PROTOTIPO MECATRÓNICO CON TORNILLOS CON ROSCA TIPO ACME.

Comparativa entre los 3 sistemas

Para poder comparar los 3 sistemas utilizamos la misma plataforma metálica en los 3 casos así como los mismos motores a pasos a la misma frecuencia de operación, con el mismo programa de control.

Empezamos con el análisis con el tornillo sinfín el cual cuenta con un paso de 16 por pulgada, es decir, necesita 16 vueltas completas para avanzar una pulgada, es demasiado lento para la aplicación que deseamos darle al prototipo por lo que se buscaron otras opciones más rápidas, pero esta opción tiene una ventaja es muy económica.

Para el tornillo sinfín de rosca tipo ACME se tiene un paso de 6 por pulgada por lo que se necesitan 6 vueltas completas para avanzar una pulgada, se mejoró notablemente la velocidad es decir $16/6=2.66$ más rápido que el anterior sistema, se eliminó el ruido es muy silencioso, pero todavía es lento para la aplicación que deseamos, por lo que se buscó otra opción más rápida, otra desventaja es su costo ya que son bastante caros estos tornillos y muy pesados, los motores se calientan bastante con esta opción.

Para la correa dentada, poleas y engranes, se utilizaron partes recicladas de impresora de 15 y 10 pulgadas de matriz de puntos, la correa dentada tiene un paso de 14 por pulgada pero existe una gran diferencia ya que al girar una vuelta los motores a pasos la correa avanza una pulgada por lo que es 6 veces más rápida esta opción que la anterior y 15.96 veces más rápido que la primera opción, por lo que decidimos usar esta como la mejor para lo que deseamos usarla, tiene su desventaja es un poco ruidosa y es como un carro de carreras, tiene mucha energía los motores y la inercia se hace presente, avanza muy rápido y al momento de parar

si frena pero lo hace de golpe y la estructura se mueve un poco, como no necesitamos de precisión de milésima de pulgada en nuestra aplicación no existe problema al utilizarla, desventaja se necesita mucho ajuste mecánico para que funcione adecuadamente, para que la correa no se salga.

En internet vimos lo que otros autores han utilizado y es con correa dentada en los ejes XY y en eje Z si utilizan tornillos tipo ACME, para nuestra aplicación no es necesario tener tanta fuerza ya que solo vamos a presionar botones y no vamos a mover una herramienta de trabajo como un Dremel o un efector de impresora 3d, que son bastante pesadas y lentas, por lo que vamos a utilizarlos en los 3 ejes XYZ la correa dentada, poleas y engranes.

Otros autores utilizan actuadores lineales eléctricos en el eje Z y se reduce bastante el tamaño del prototipo, pero se incrementa significativamente el costo del mismo.

Tabla 7 Comparativa entre sistemas de tracción

	Paso /pulgada	# de giros/pulgada	Costo	Ruido	instalación	velocidad
Tornillo sinfín Común	16	16	bajo	mucho	fácil	lenta
Tornillo sinfín ACME	6	6	alto	bajo	fácil	media
Correa dentada	14	1	bajo	medio	medio difícil	alta

Resultados

Tenemos ya el prototipo bastante rápido con la correa dentada, poleas y engranes, lo que falta es seguir con la programación en Labview y Arduino para el avance de los motores para que presionen cada uno de los botones del teach pendant, instalar los limit switch para los 3 ejes y el actuador para presionar el botón de liveman deadman en la parte inferior del teach pendant, aquí voy a utilizar gripper acoplados a servomotores.

7.- Materiales a utilizar:

- a).- aluminio, es muy caro pero queda muy bonito, se descarta por el costo
- b).- fierro, es muy fuerte pero es muy pesado, además que no cuento con un equipo para soldar y maquinar éste material, se descarta, por no tener la herramienta necesaria.
- c).- Acrílico, queda muy presentable, es caro, se necesita herramienta especializada porque se parte muy fácilmente si se quiere hacer ajustes manuales, se descarta.
- d).- Madera, es barata, es fácil de trabajar, no pesa mucho, tengo las herramientas necesarias para trabajar, es la que vamos a utilizar.
- e).- Postes de librero metálico, es liviano y fuerte a la vez, como un juego para armar, es la que vamos a utilizar.

Resumiendo el prototipo tendrá las siguientes características:

- 1.- Será un Robot cartesiano.
- 2.- Del tamaño de una impresora 3d.
- 3.- Con pórtico móvil en 3 ejes tipo grúa y fijo la consola de aprendizaje.
- 4.- Los ejes de deslizamiento con guías para cajones.

5.- Se van a utilizar 3 motores a pasos, uno para cada eje X, Y & Z

6.- Método de tracción se van a evaluar 3 sistemas.

7.- De material de postes de librero metálico, el cuerpo del prototipo.

Vista del prototipo sin tracción en la fig. 47.



Fig. 47 Prototipo Mecatrónico sin tracción

Diseño electrónico

Decidimos utilizar el Arduino UNO, por su facilidad de interactuar con otros dispositivos electrónicos, ya que se diseñaron tarjetas drivers para los motores a

pasos, tarjetas de buffers para las salidas digitales del Arduino y servomotores y tarjeta de adquisición de datos para los sensores de límites para los ejes de coordenadas.

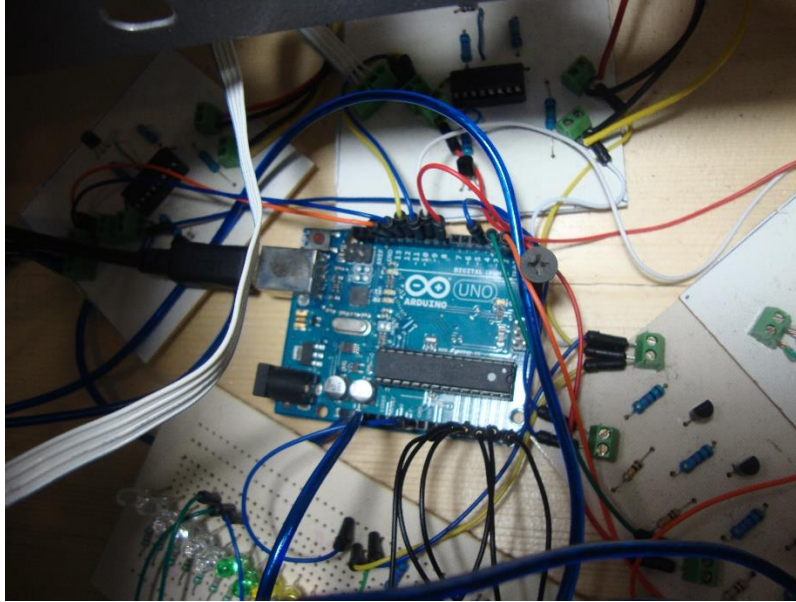


Fig. 48 Arduino UNO con 6 entradas analógicas, 6 salidas digitales y 6 salidas con PWM

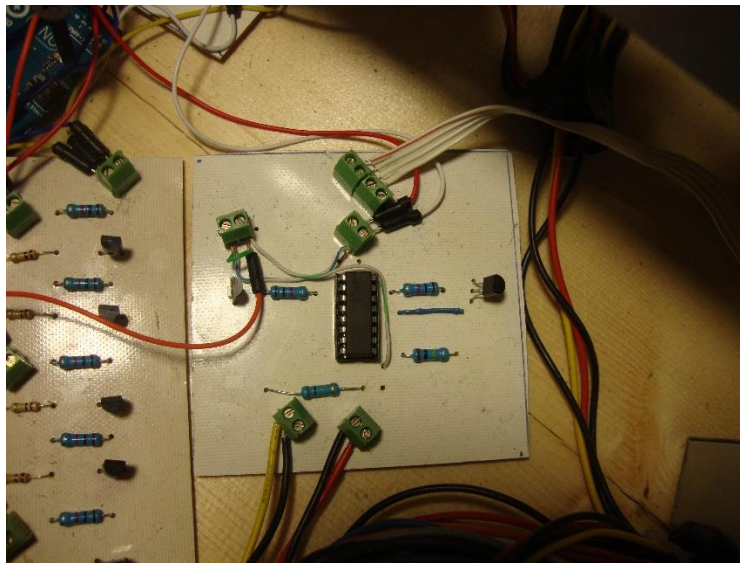


Fig. 49 PCB para Drivers para motores a pasos de los ejes XYZ

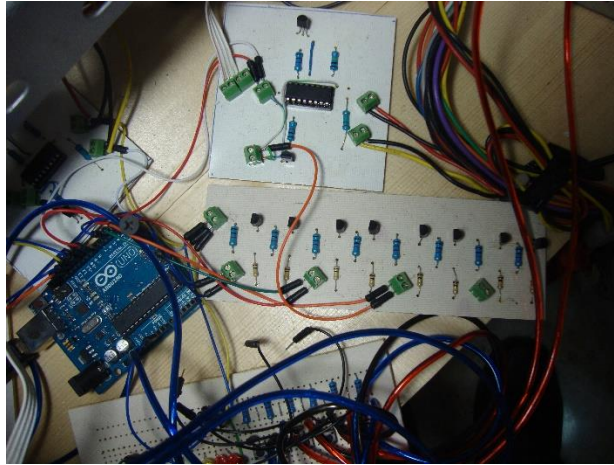


Fig. 50 PCB para Buffers de las salidas de puertos digitales para activar Motores a pasos

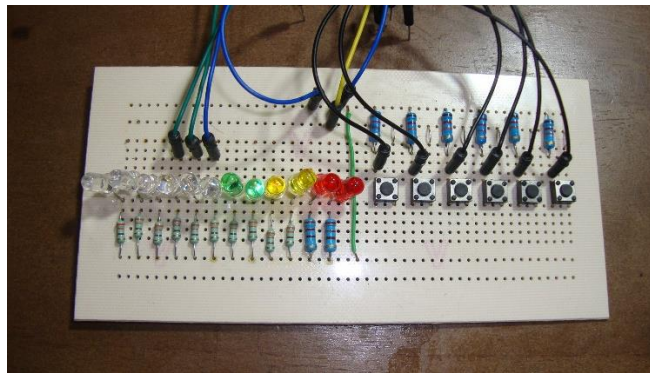


Fig. 51 PCB Para las entradas analógicas para los sensores de Límites inferior y superior de cada Eje y monitoreo de salidas del Arduino.



Fig. 52 Motores a pasos uno por cada eje XYZ.

DISEÑO DEL PROGRAMA

Ya que tenemos claro que vamos a utilizar un Arduino UNO lo podemos programar con LABVIEW+ARDUINO (Ruiz, 2012) por medio de un Toolkit LIFA (LabVIEW Interface for Arduino) que se descarga gratis en la página de National Instruments así como el programa Labview en su versión estudiantil de prueba, para UPAEP y UNISON.

DISEÑO DEL PROGRAMA EN LABVIEW PARA ARDUINO

Para el diseño del programa de Labview en Arduino en el programa principal en el diagrama de bloques primero se inicializa la cámara IP y también se inicializa los puertos del ARDUINO después se incluye una estructura WHILE para que el programa corra de manera continua hasta que se presione el botón de paro de emergencia y dentro de la estructura WHILE una estructura FLAT SEQUENCE en la que por medio de ventanas va dando una secuencia en la programación, como en un diagrama de flujo, dado que la velocidad de cómputo es muy grande se tiene que integrar un reloj de retardo fijo para cada ventana al presionar el botón de paro de emergencia, deja de correr indefinidamente el programa y se cierran los puertos del ARDUINO.

Y la secuencia es:

- 1.- En el programa de diagrama de bloques se inicializa la cámara IP, lo que hay que proporcionar en el control tipo string la dirección IP de la cámara IP (URL) por ejemplo: 192.168.2.7, la vista de la cámara se desplegará en el recuadro del panel frontal al momento de correr el programa el Web Browser.

- 2.- Inicializar los puertos del ARDUINO los puertos digitales, puertos analógicos y los puertos para servomotores
- 3.- Se abre una estructura WHILE para que el contenido de esta corra indefinidamente hasta que se presione el botón de paro de emergencia.
- 4.- Dentro de la estructura WHILE se encuentra una estructura FLAT SEQUENCE la cual es como un diagrama de flujo que se va a correr secuencialmente marco por marco y se incluye un pequeño retardo que se controla por ejemplo con 3000 milisegundos cada uno hasta llegar al último y de nuevo comienza la secuencia.
- 5.- Se activa el teclado mediante el interruptor LIVE MAN, se convierte la matriz de teclado a dos valores de Posición Deseada en X (PDX) y Posición deseada en Y (PDY), y se inicializa el reloj de retardo para cada marco en 3000 milisegundos.
- 6.- Activar el servomotor que tiene instalado mecánicamente un gripper que abre y cierra para activar el interruptor de liveman del teach pendant real y activar el servomotor que tiene instalado mecánicamente un gripper que abre y cierra para activar la tecla shift para el caso de las teclas con doble función, nada más para esas teclas ya que tiene que estar previamente accionado para presionar la tecla con doble función.
- 7.- Con los valores obtenidos de la ventana anterior PDX mover el motor a pasos en X la cantidad exacta multiplicándola por el número de pasos entre interruptores.
- 8.- Con los valores obtenidos de la ventana anterior PDY mover el motor a pasos en Y la cantidad exacta multiplicándola por el número de pasos entre interruptores.
- 9.- Con un valor fijo (60) mover el motor a pasos en Z para bajar el actuador y que presione el interruptor deseado

10.- Esperar mediante el reloj de retardo 2, 200 milisegundos para que presione el interruptor deseado, aquí podemos cambiar el retardo mediante el control para que se presione el interruptor más o menos tiempo deseado.

11.- Con el valor fijo (-60) mover el motor a pasos en Z para subir el actuador con valor negativo.

12.- Con los valores obtenidos previamente (- PDY x Núm. de pasos) darle un valor negativo para que se regrese a la columna cero del teach pendant en Y.

13.- Con los valores obtenidos previamente (- PDX x Núm. de pasos) darle un valor negativo para que se regrese al renglón cero del teach pendant en X.

14.- Cerrar el puerto del motor en X y esperar 3000 milisegundos.

15.- Si se presiona el interruptor de emergencia se para de correr la estructura WHILE y sale para cerrar los puertos del ARDUINO, fin.

Opciones de funcionamiento:

1.- Si uno quiere volver a presionar la misma tecla anterior se deja que corra el Programa.

2.- Si uno quiere cambiar de tecla a presionar, mediante la interface gráfica le indica Cuál es el nuevo interruptor a presionar.

3.- Si uno no quiere presionar ningún interruptor, acciona de nuevo el interruptor Ovalado de liveman Que está a un lado del teclado y ya no va a presionar Ningún interruptor pero el Programa continuará corriendo con valores de cero, Para que no se muevan los Motores pero que estén listos para el siguiente ciclo De $8 \times 3 \text{ seg} = 24 \text{ segundos}$ Más 0.2 de seg, si uno desea cambiar para Presionar otro interruptor.

Se puede optimizar el tiempo para reducirlo cambiando el tiempo de retardo de cada marco de la estructura FLAT SEQUENCE y colocarle una constante, ya que solo se necesita un retardo mayor donde se accionan los motores a pasos y darles tiempo para que lleguen a su destino.

En la fig. 53 Se puede apreciar la programación de la cámara IP en Labview

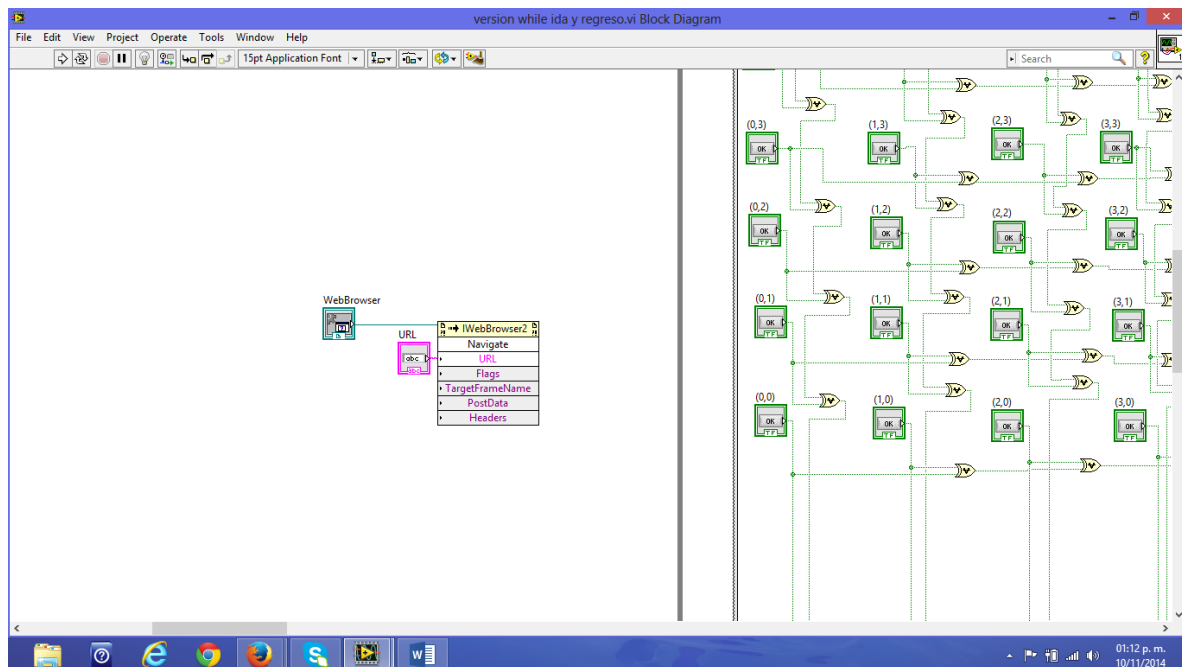


Fig. 53 Programación de cámara IP en Labview

La inicialización de los puertos del ARDUINO en la Fig. 54

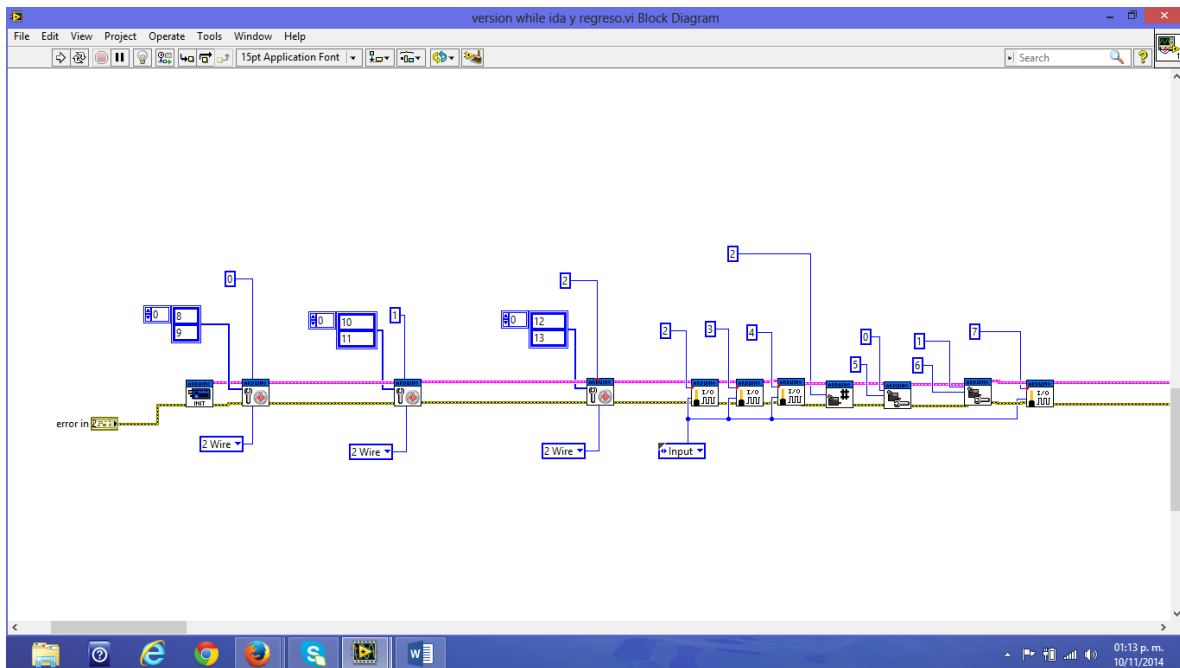


Fig. 54 Inicialización de ARDUINO

Se puede apreciar en la Fig. 55 la primer ventana en donde está la matriz de interruptores a presionar y nos da un valor de PDX y PDY

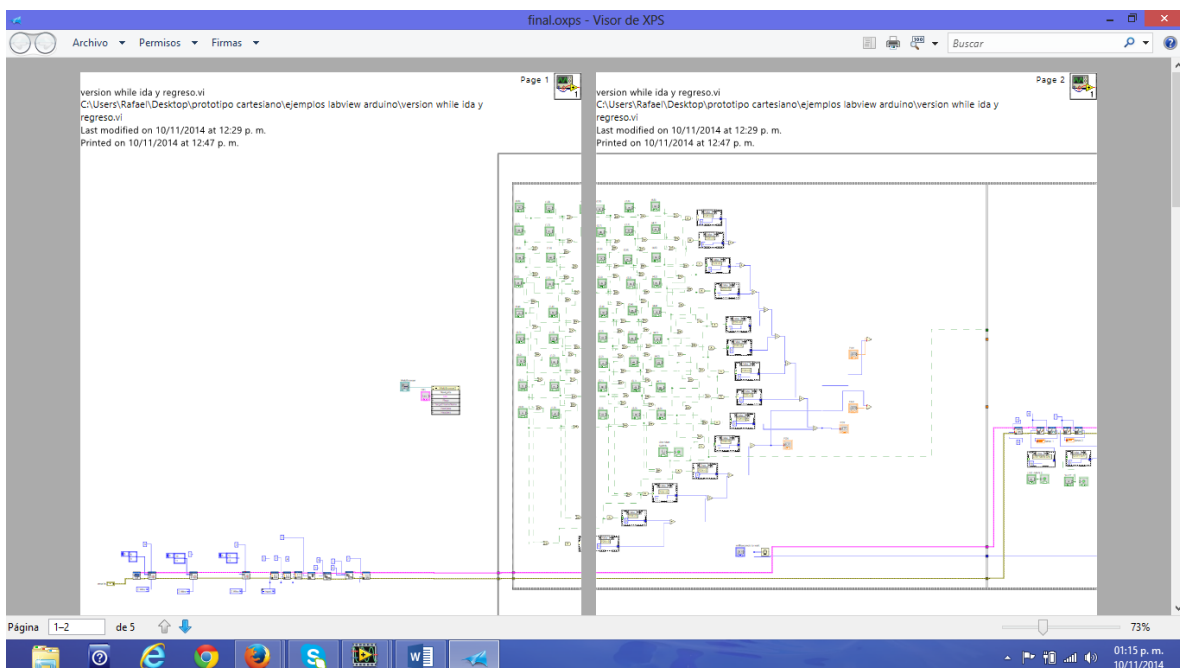


Fig. 55 Primer ventana de la estructura Flat Sequence del programa Labview con Arduino.

Y le dimos un retardo de 3000 milisegundos para todas las ventanas

Segunda ventana inicialización de puertos con valores constantes a diferencia de la otra programación que eran controles numéricos, así se simplifica para el usuario el manejo de controles y que sean automatizados.

En la fig. 56 mediante los interruptores Liveman y Shift, se activan los servomotores que están acoplados mecánicamente a un gripper que actúa en los interruptores físicos del teach Pendant Real de Robot Industrial.

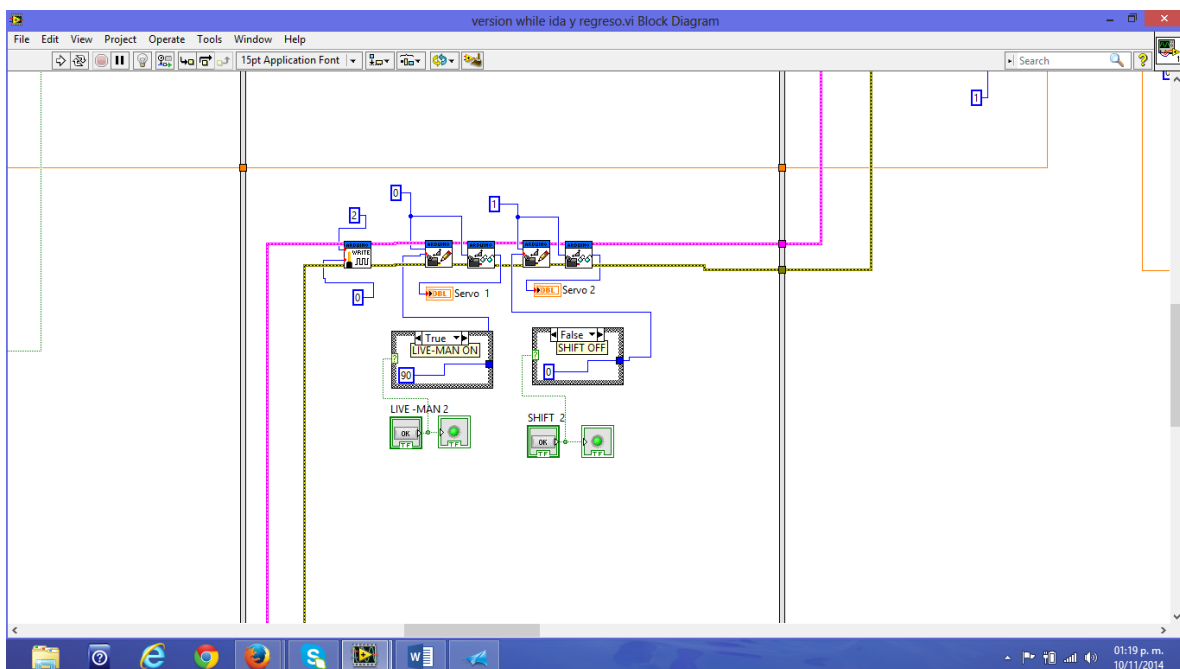


Fig. 56 Segunda ventana

Tercer ventana mover el motor a paso en el eje X.

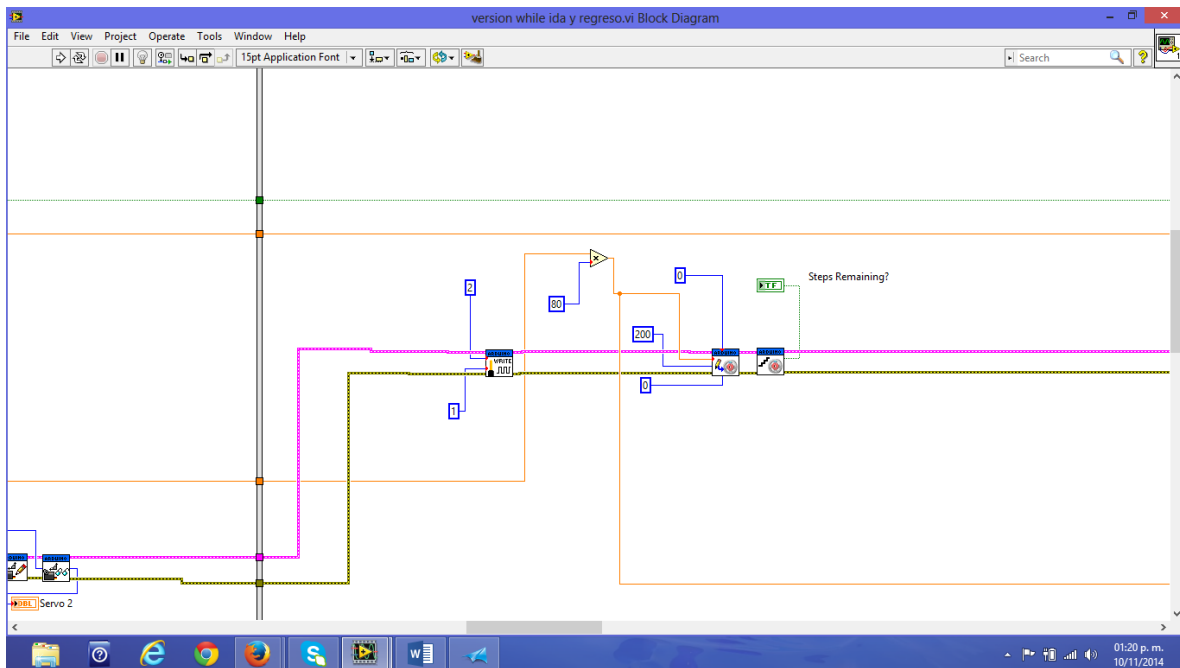


Fig. 57 Tercera ventana.

Cuarta ventana mover el motor a paso en el eje Y en la Fig. 58

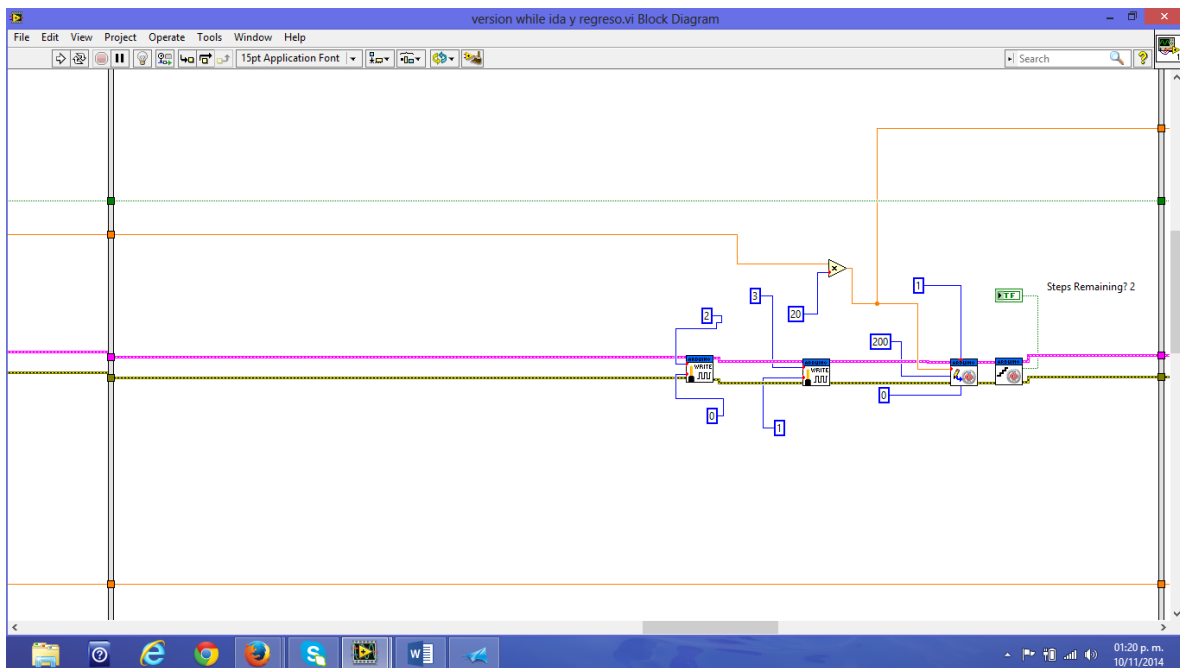


Fig. 58 Cuarta ventana

Quinta ventana mover el motor a pasos en el eje Z en la Fig. 59

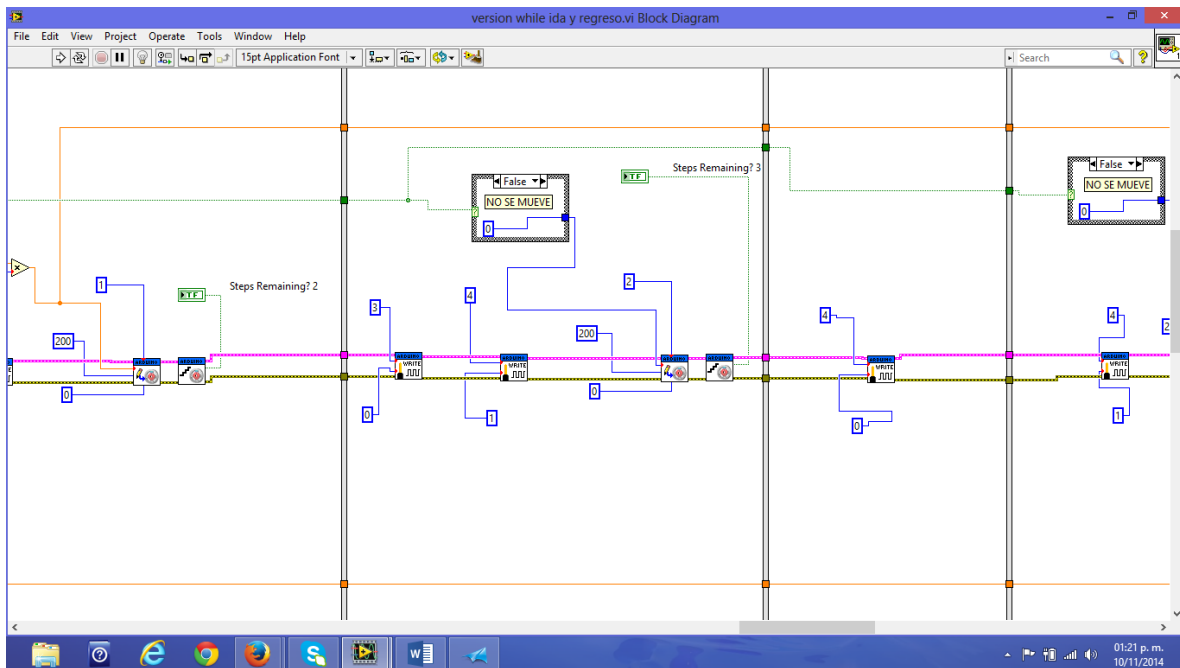


Fig. 59 Quinta ventana

Sexta ventana espera 200 milisegundos en la Fig. 60, es el tiempo que se va a presionar el interruptor, se puede variar el tiempo mediante el control 2.

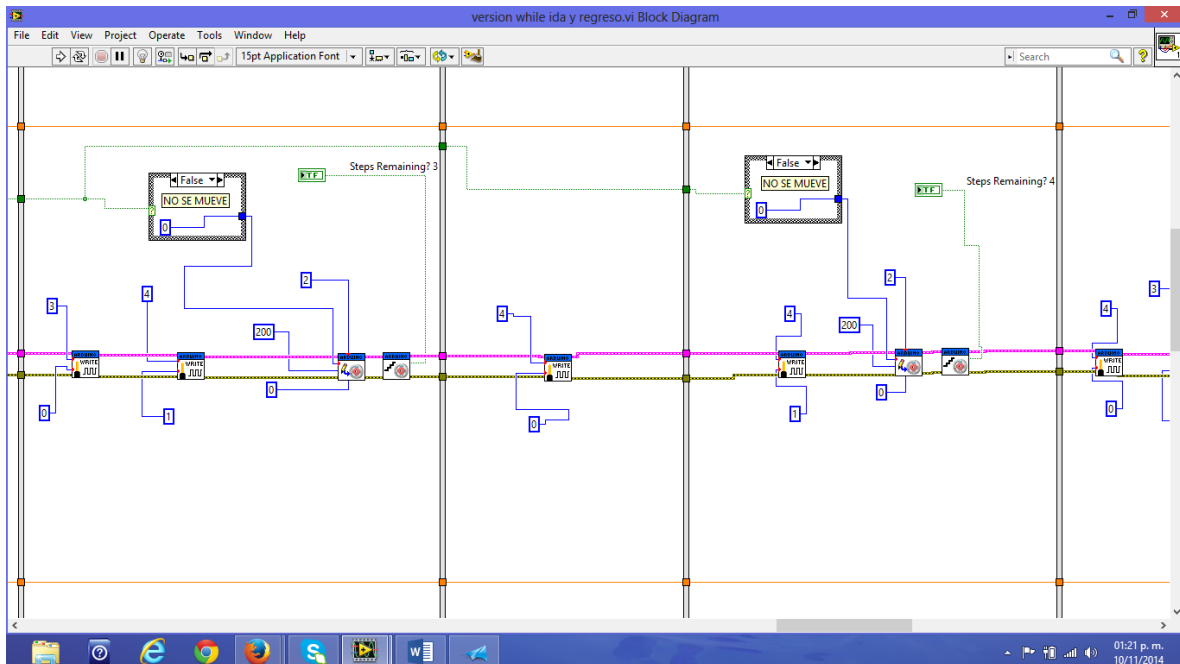


Fig. 60 Sexta ventana

Séptima ventana sube el eje Z. en la Fig. 61

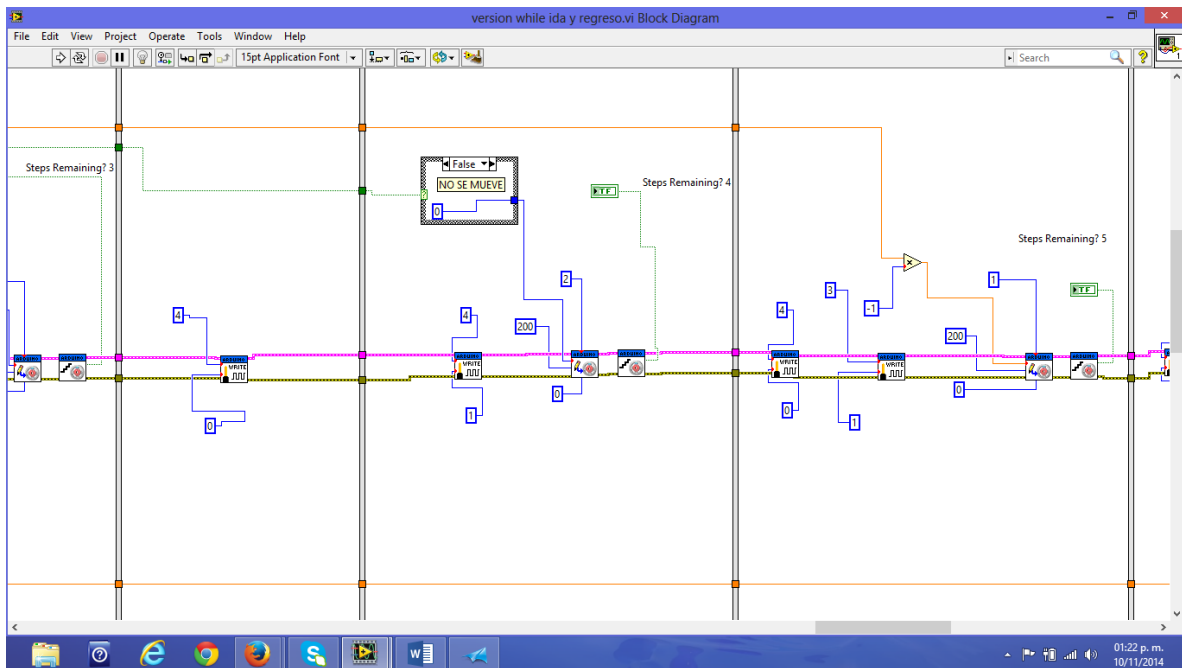


Fig. 61 Séptima ventana.

En la Fig. 62 tenemos una vista de varias ventanas

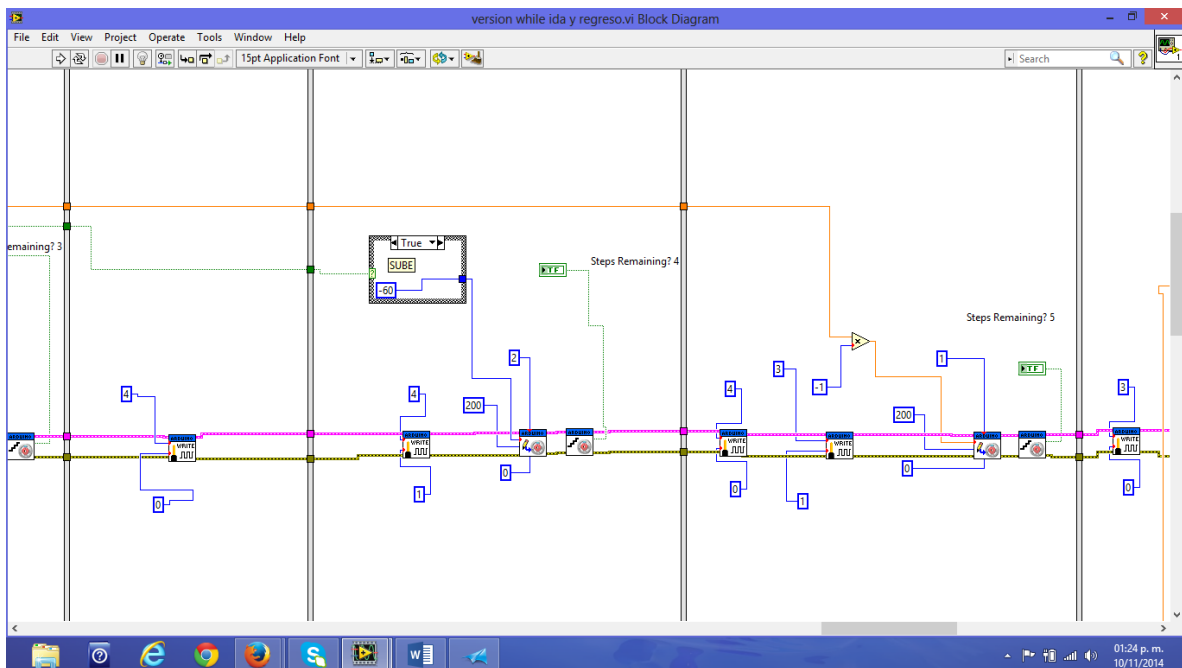


Fig. 62 Vista de las ventanas

En las Figuras. 63 y 64 tenemos las ventanas de regreso del eje Y y el eje X respectivamente

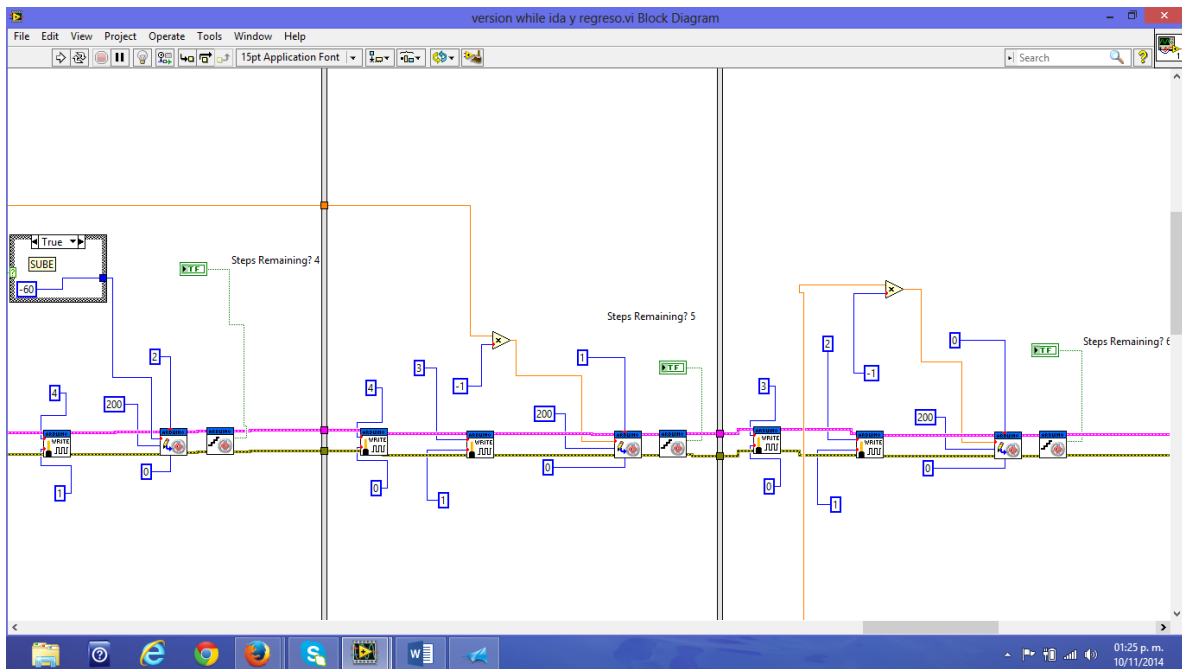


Fig. 63 ventana se regresa el eje Y

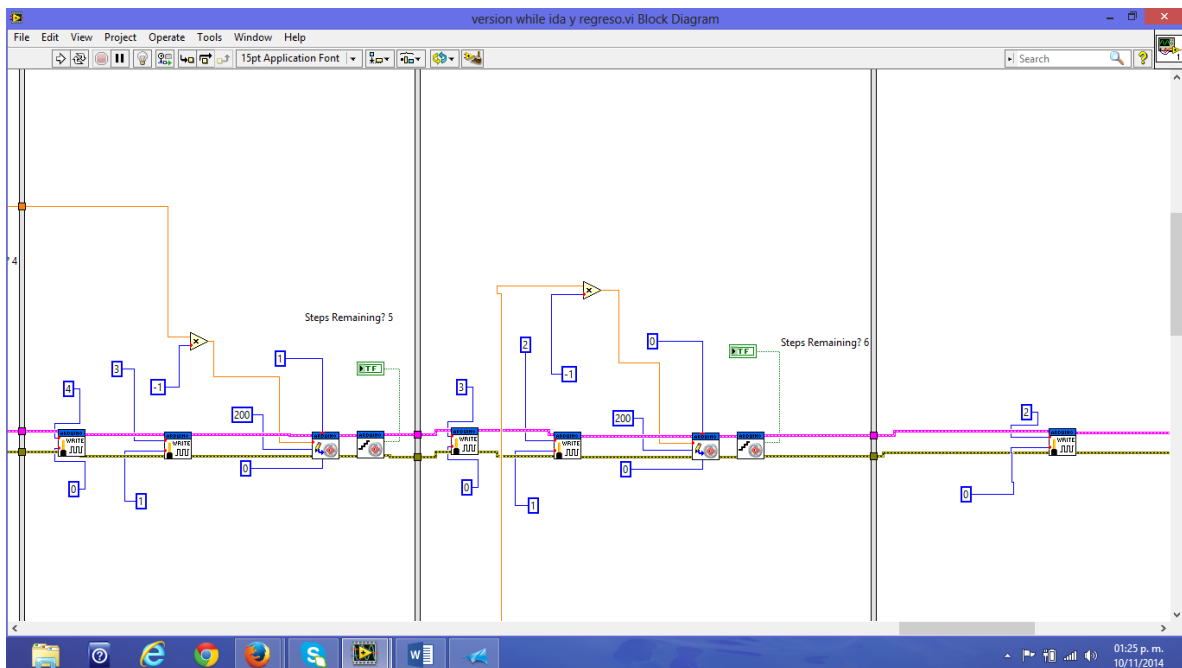


Fig. 64 ventana se regresa el eje X

En las Figuras. 65 y 66 se cierra el puerto y se cierra el Arduino

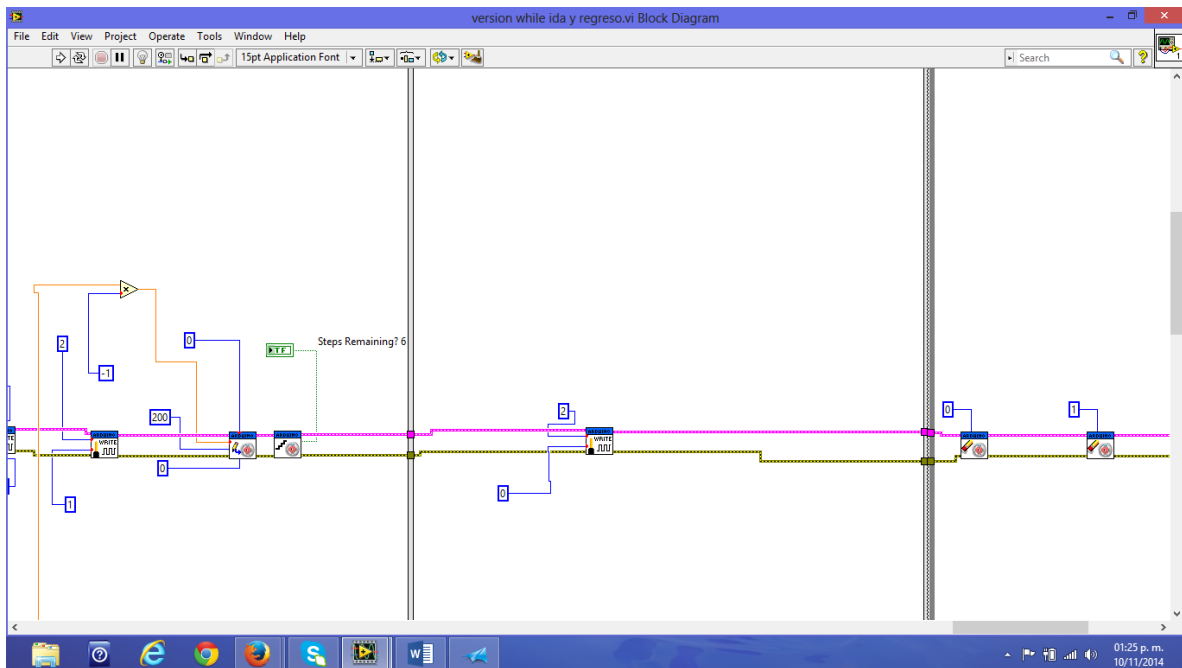


Fig. 65 ventana cierra el puerto y espera a que el motor se detenga

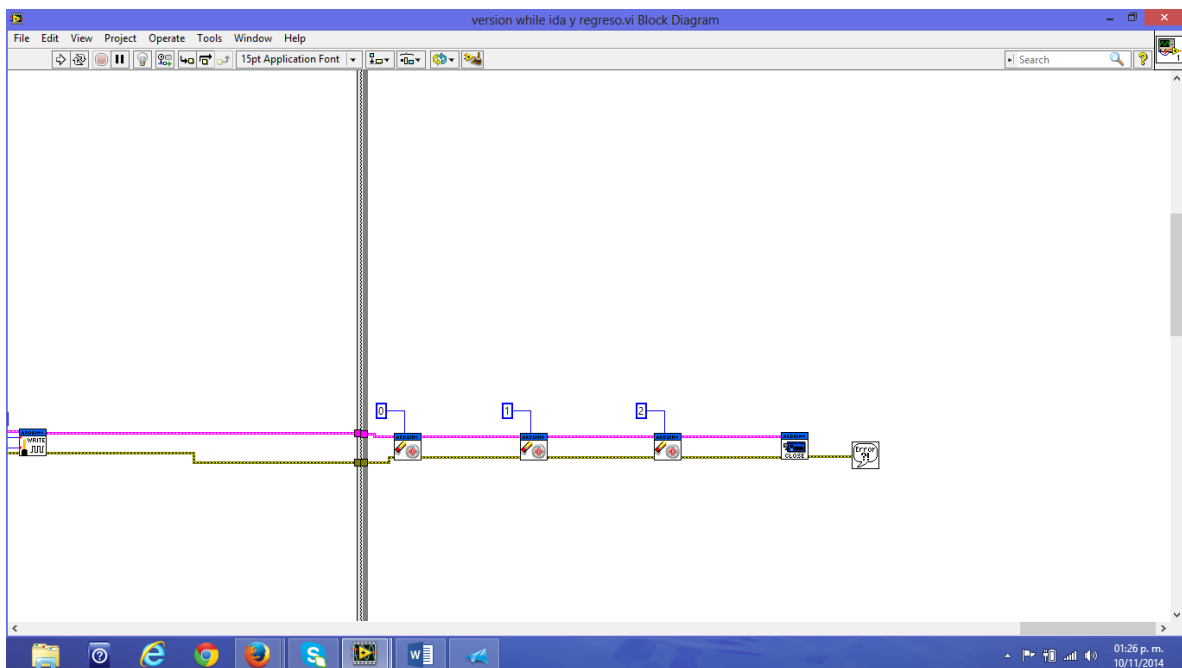


Fig. 66 ventana, se cierra el ARDUINO y fin.

Y el Panel de control simplificado sería así en la Fig. 67:

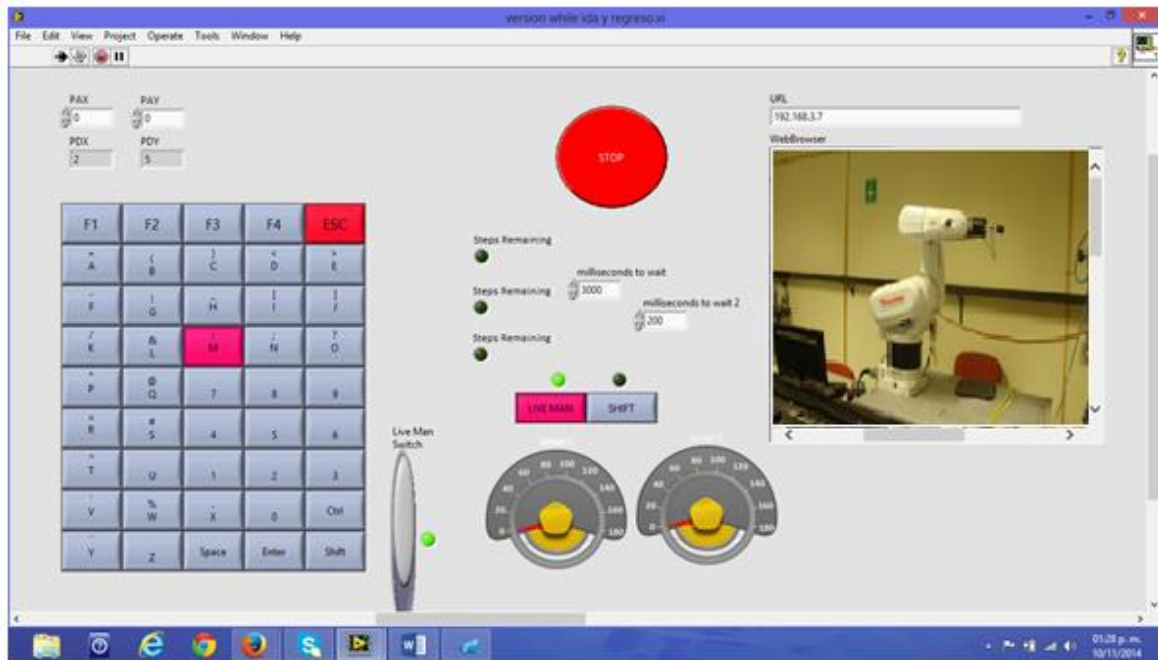


Fig. 67 Panel de Control del programa en Labview

En el diseño definitivo Fig. 68 solamente aparecerá lo siguiente

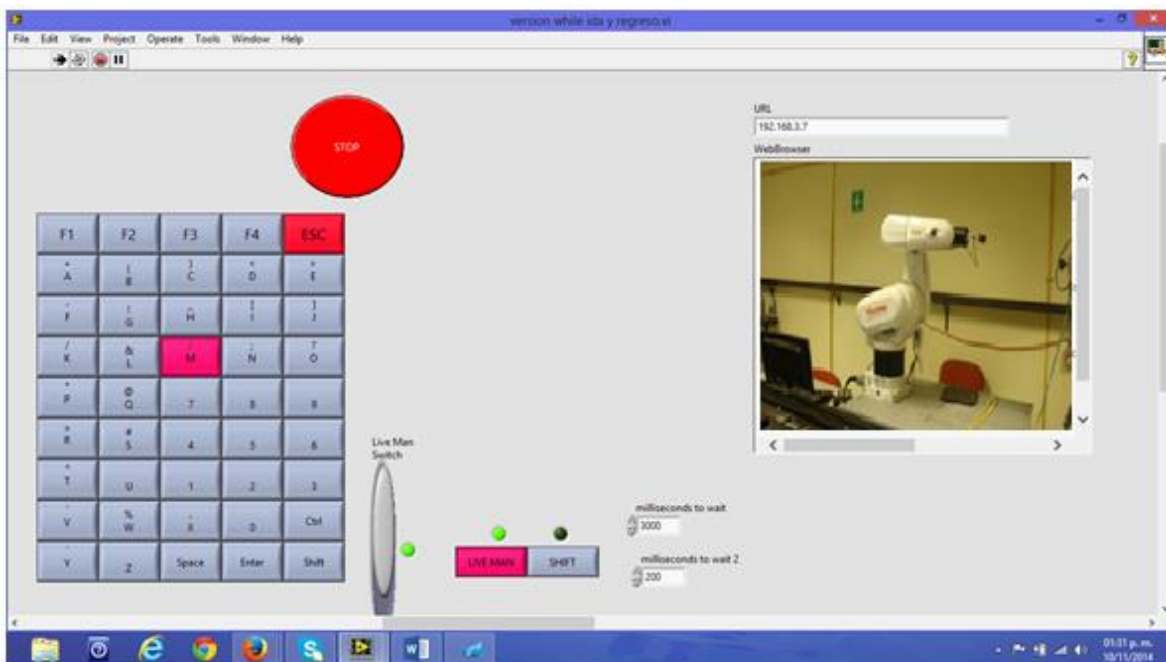
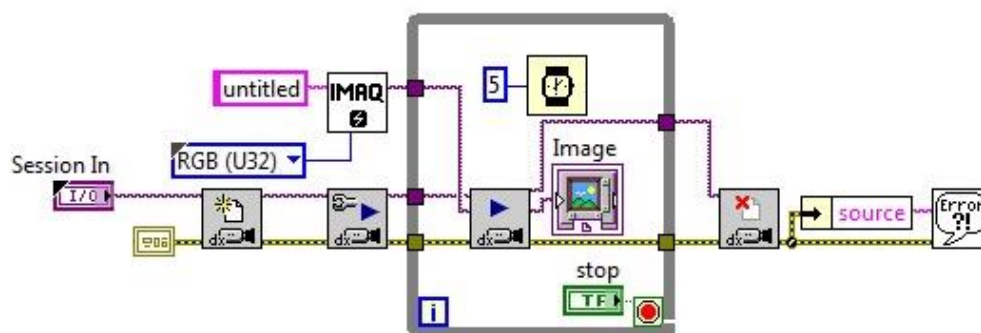


Fig. 68 Panel de Control del programa en Labview simplificado

La cámara Web para ver el display del Teach Pendant y los sonidos, se necesitan instalar varios programas y no se recomienda instalar en Windows 8 se recomienda en Windows 7 o anteriores y el código en el diagrama a bloques sería así.



En la Fig. 69 se muestra el Panel de control del programa Labview con ambas cámaras.



Fig. 69 Panel de Control del programa en Labview con cámara web y cámara IP.

IV. 3.1 LABORATORIO UPAEP

Para la UPAEP se necesitan dos prototipos como los descritos anteriormente, ya que son dos robots los que se van a controlar.

IV. 3.2 LABORATORIO UNISON

Para la UNISON se necesitó solamente un prototipo como el descrito anteriormente, se modificó nada más el software para adaptarse al teach pendant del robot FANUC. Para el estudio de tiempos y movimientos primero debo de tener un marco de referencia, en el espacio y en el tiempo. Aclarando que No es un estudio de tiempos y movimientos de Ingeniería Industrial, porque no involucra que una persona mejore la productividad, nada más es para ponerle un nombre que vamos a calcular el tiempo y la distancia nada más.

Para el espacio utilizaremos el Sistema euclidiano con centímetros y para el tiempo el segundo, en otras palabras el sistema CGS.

Tabla 8 Sistemas MKS, CGS y FPS.

MAGNITUD	MKS	CGS	FPS
Longitud	metro	centímetro	pie
Masa	kilogramo	gramo	libra
Tiempo	segundo	segundo	segundo

El espacio Euclídeo o de coordenadas cartesianas espaciales, si tenemos un sistema de referencia formado por tres rectas perpendiculares entre sí (x , y , z), que se cortan en el origen $(0, 0, 0)$, cada punto del espacio puede nombrarse mediante tres números: (x, y, z) , denominados coordenadas del punto, que son las distancias

ortogonales a los tres planos principales: los que contienen las parejas de ejes yz, xz e yx, respectivamente.

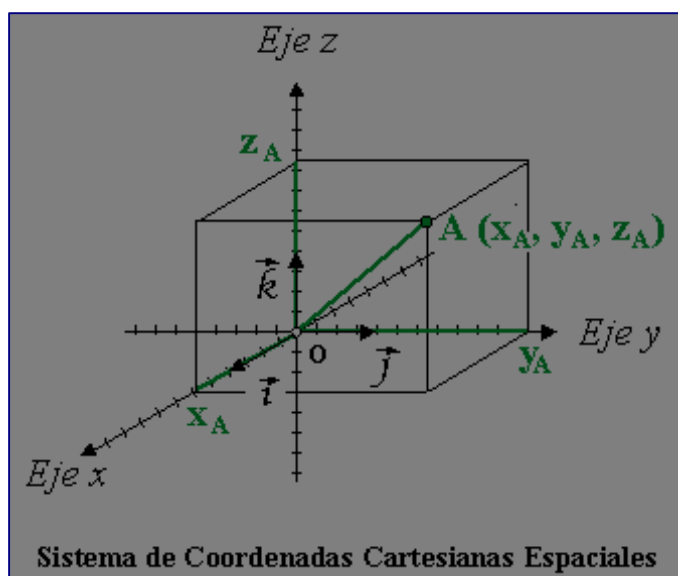


Fig. 70 Sistema de Coordenadas Cartesianas Espaciales

Los planos de referencia XY ($z = 0$); XZ ($y = 0$); e YZ ($x = 0$) dividen el espacio en ocho cuadrantes en los que, como en el caso anterior, los signos de las coordenadas pueden ser positivos o negativos.

La generalización de las relaciones anteriores al caso espacial es inmediata considerando que ahora es necesaria una tercera coordenada (z) para definir la posición del punto.

$$\overline{OA} = x_A \mathbf{i} + y_A \mathbf{j} + z_A \mathbf{k}$$

Las coordenadas del punto A serán:

$$A = (x_A, y_A, z_A)$$

y el B:

$$B = (x_B, y_B, z_B)$$

La distancia entre los puntos A y B será:

$$d_{\overline{AB}} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2}$$

El segmento AB será:

$$\overline{AB} = (x_B - x_A)\mathbf{i} + (y_B - y_A)\mathbf{j} + (z_B - z_A)\mathbf{k}$$

Regla de la mano derecha:

La regla de la mano derecha o del sacacorchos es un método para determinar direcciones vectoriales, y tiene como base los planos cartesianos. Se emplea prácticamente en dos maneras; para direcciones y movimientos vectoriales lineales, y para movimientos y direcciones rotacionales.

Así, cuando se hace girar un sacacorchos o un tornillo "hacia la derecha" (en el sentido de la agujas de un reloj) el sacacorchos o el tornillo "avanza", y viceversa, cuando se hace girar un sacacorchos o un tornillo "hacia la izquierda" (contrario a las agujas del reloj), el sacacorchos o el tornillo "retroceden".

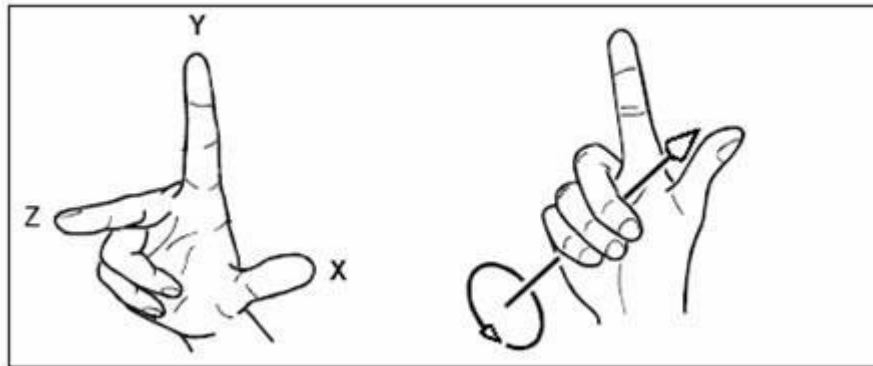


Fig. 71 Regla de la Mano Derecha.

Si lo aplicamos a un equipo CNC en este caso un Robot Cartesiano tenemos:

- a).- El eje Z se encuentra situado en la dirección del husillo principal (el que proporciona la potencia de corte). Si no existiera husillo principal, el eje Z se

obtiene según la normal saliente al plano de sujeción de la pieza. Su sentido positivo es aquel en que se aleja la herramienta de la pieza.

b).- El eje X es perpendicular a Z y se elige sobre un plano horizontal paralelo a la superficie de sujeción de la pieza. Su sentido positivo es aquel tal que la herramienta se aleja de la pieza. En máquinas en las que el eje Z es horizontal, X también es horizontal

c).- El eje Y forma un triedro a derechas con X y Z.

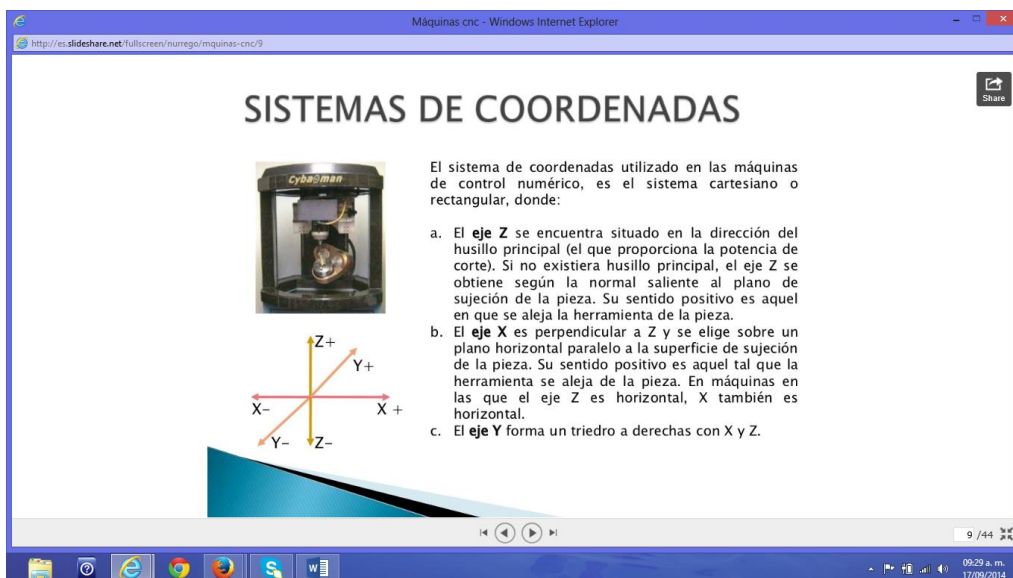


Fig. 72 Sistema de Coordenadas

La fig. 72 fue tomada de (Uruego, 2013)

En la Fig. 73 vemos el Robot cartesiano eje de coordenadas:

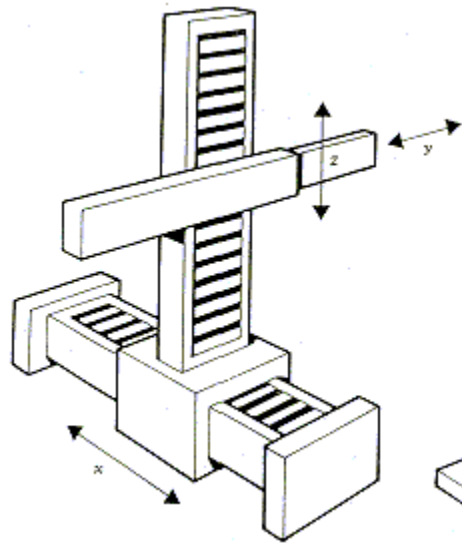


Fig. 73 Robot Cartesiano eje de coordenadas

En la Fig. 74 apreciamos el Robot cartesiano tipo pórtico.

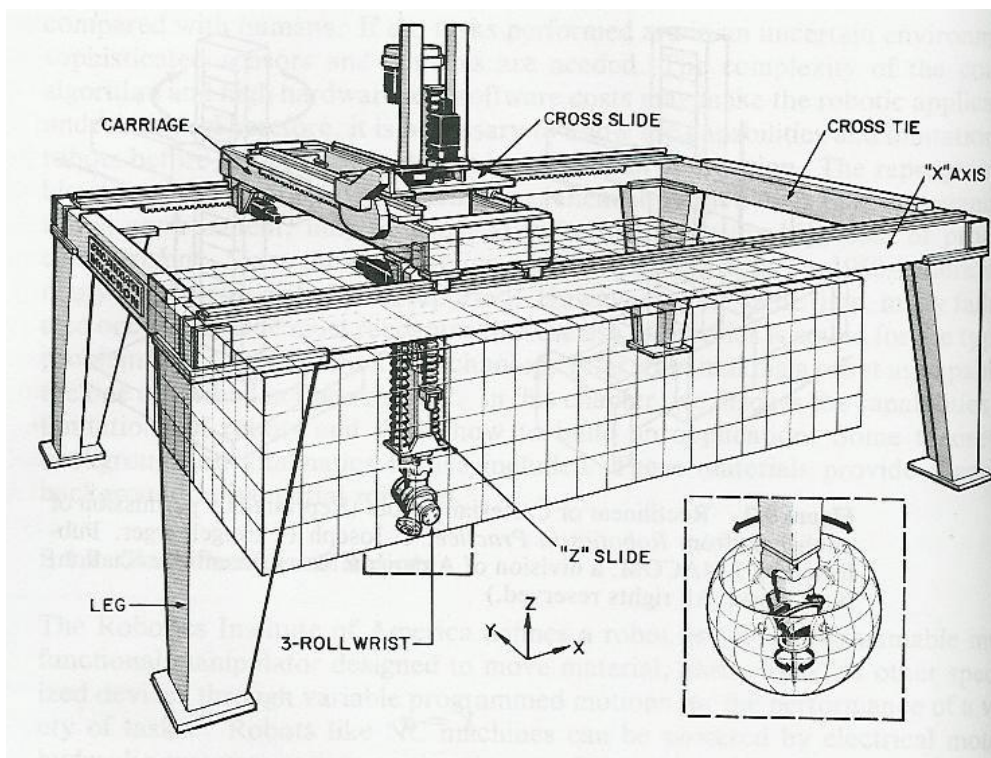


Fig. 74 Robot Cartesiano de Pórtico con sus ejes de coordenadas

Y los ejes de coordenadas se pueden ver en la Fig. 75.

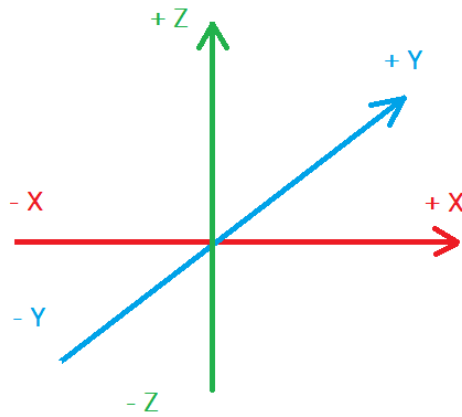


Fig. 75 Ejes de Coordenadas

Orientando los ejes en el teach Pendant sería así Fig. 76.

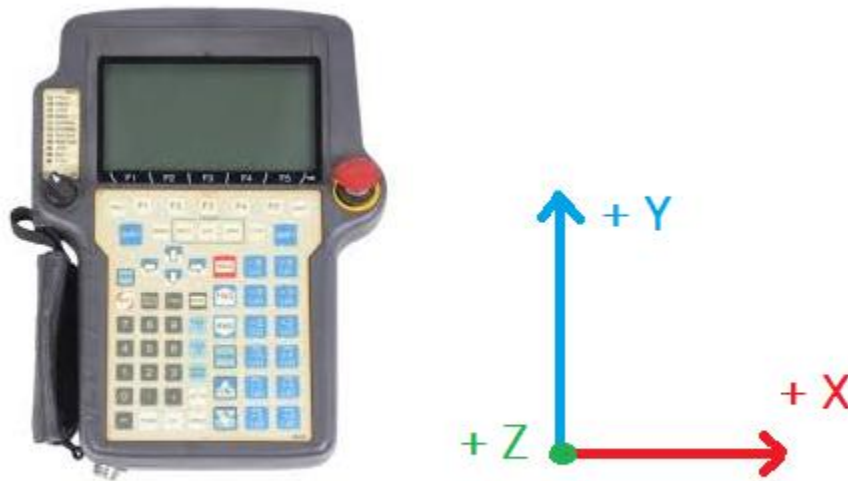


Fig. 76 Orientando los ejes de coordenadas en el Teach Pendant

Colocándolos en su lugar:



Fig. 77 Teach Pendant con sus ejes de coordenadas.

Aquí tenemos que medir la distancia que existe entre teclas push buttons, ya que no están simétricos como en el caso del teach pendant del Robot CRS F3

Teach Pendant del Robot CRS F3, con su marco de referencia XYZ Fig. 78

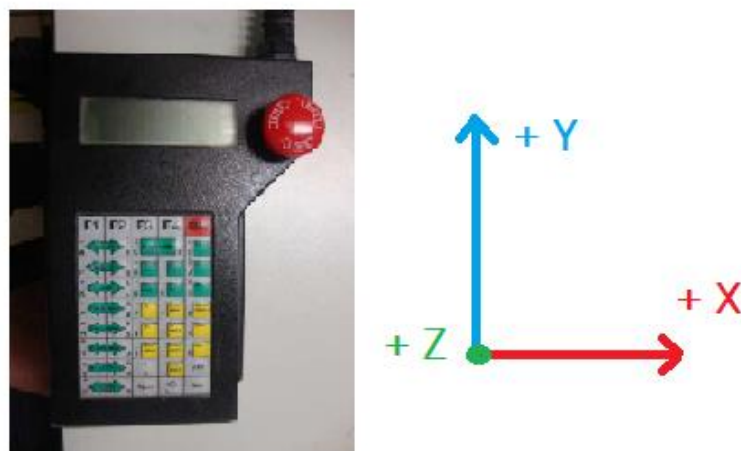


Fig. 78 Teach Pendant del Robot CRS F3, co su marco de referencia

pendant, quedando la posición de home en (0,0) así:

Tabla 9 Matriz de Interruptores del Teach Pendant.

0,8	1,8	2,8	3,8	4,8
0,7	1,7	2,7	3,7	4,7
0,6	1,6	2,6	3,6	4,6
0,5	1,5	2,5	3,5	4,5
0,4	1,4	2,4	3,4	4,4
0,3	1,3	2,3	3,3	4,3
0,2	1,2	2,2	3,2	4,2
0,1	1,1	2,1	3,1	4,1
0,0	1,0	2,0	3,0	4,0

Matriz de posiciones de los interruptores del teach pendant Tabla 9.

Para programar la cantidad de pasos del motor a pasos para avanzar entre teclas, si tenemos que con 200 pasos avanza una vuelta completa y lo hace a una velocidad constante de 2 revoluciones por segundo y además avanza una pulgada por vuelta es decir 2.54 centímetros en un segundo avanzará 5.08 centímetros.

Tabla 10 Cálculos de distancia y tiempos.

núm. pasos	núm. vueltas	tiempo en segundos	distancia en centímetros	ubicación
200	1	0.5	2.54	
400	2	1	5.08	
102.362205	0.51181102	0.255905512	1.3	sobre eje X
83.1146107	0.41557305	0.207786527	1.055555556	sobre eje Y
15.7480315	0.07874016	0.039370079	0.2	sobre eje Z
409.448819	2.04724409	1.023622047	5.2	
664.916885	3.32458443	1.662292213	8.444444444	

Dado que el teach pendant es una matriz de interruptores de $5 \times 9 = 45$

La medida de cada botón en el eje X es de $1.3 \times 5 = 6.5$ centímetros

En cambio en el eje Y es de $1.055555556 \times 9 = 9.5$ centímetros

En el eje Z tiene que presionar al menos 2 milímetros con 16 pasos para accionar el interruptor.

Matriz de distancias del origen XYZ (0, 0,0) en centímetros a cada interruptor, adicionando las distancias de Z de bajar y subir la guía para presionar y accionar el interruptor:

Tabla 11 Calculo de Distancias desde Home a cada Interruptor

11.0444444	12.3444444	13.6444444	14.9444444	16.2444444
9.98888889	11.2888889	12.5888889	13.8888889	15.1888889
8.93333333	10.2333333	11.5333333	12.8333333	14.1333333
7.87777778	9.17777778	10.4777778	11.7777778	13.0777778
6.82222222	8.12222222	9.42222222	10.7222222	12.0222222
5.76666667	7.06666667	8.36666667	9.66666667	10.9666667
4.71111111	6.01111111	7.31111111	8.61111111	9.91111111
3.65555556	4.95555556	6.25555556	7.55555556	8.85555556
2.6	3.9	5.2	6.5	7.8

Matriz de tiempos del origen XYZ (0, 0,0) en segundos a cada interruptor, adicionando los tiempos de Z de bajar y subir la guía para presionar y accionar el interruptor por un segundo de tiempo:

Tabla 12 Calculo de tiempos desde home a cada interruptor

3.17410324	3.43000875	3.68591426	3.94181977	4.19772528
2.96631671	3.22222222	3.47812773	3.73403325	3.98993876
2.75853018	3.0144357	3.27034121	3.52624672	3.78215223
2.55074366	2.80664917	3.06255468	3.31846019	3.5743657
2.34295713	2.59886264	2.85476815	3.11067367	3.36657918
2.1351706	2.39107612	2.64698163	2.90288714	3.15879265
1.92738408	2.18328959	2.4391951	2.69510061	2.95100612
1.71959755	1.97550306	2.23140857	2.48731409	2.7432196
1.51181102	1.76771654	2.02362205	2.27952756	2.53543307

Matriz de Número de pasos en total sumando cada uno de ellos que necesitan los motores a pasos del origen XYZ (0, 0,0) a cada interruptor $X_i Y_j Z_z$, adicionando (i, y, z) las distancias de Z de bajar y subir la guía para presionar y accionar el interruptor:

Tabla 13 Numero de pasos para alcanzar cada interruptor

869.641295	972.0035	1074.3657	1176.72791	1279.09011
786.526684	888.888889	991.251094	1093.6133	1195.9755
703.412073	805.774278	908.136483	1010.49869	1112.86089
620.297463	722.659668	825.021872	927.384077	1029.74628
537.182852	639.545057	741.907262	844.269466	946.631671
454.068241	556.430446	658.792651	761.154856	863.51706
370.953631	473.315836	575.67804	678.040245	780.40245
287.83902	390.201225	492.56343	594.925634	697.287839
204.724409	307.086614	409.448819	511.811024	614.173228

Para trasladarse entre interruptores en el eje X necesita = 102 pasos

Para trasladarse entre interruptores en el eje Y necesita = 83 pasos

Para bajar en el eje Z se necesitan 103 pasos o menos lo menos serían 16 pasos para avanzar 2 milímetros para presionar y accionar el interruptor. Y otros 103 pasos para subir.

En un sentido o en el otro que lo decidirá el algoritmo de control, mediante el signo

– o +

Si nos vamos a los casos extremos

a).- estamos en home y queremos presionar la tecla que está ahí,

Eje X, 0 segundos

Eje Y, 0 segundos

Eje Z, baja 1.3 centímetro 0.25 seg. Se está una cantidad de tiempo de 1 segundo presionando al botón y después vuelve a subir.

Nos daría en total= 1.50 seg.

b).- estamos en home y queremos presionar la tecla superior derecha del teach pendant

Eje X, 1.02 segundos

Eje Y, 1.66 segundos

Eje Z, baja 1.3 centímetro 0.25 seg. Se está una cantidad de tiempo de 1 segundo presionando al botón y después vuelve a subir.

Nos daría en total 4.19 seg.

c).-las demás combinaciones de teclas siempre serán menores en tiempo al cálculo anterior de 4.19 seg.

Con lo que se obtiene una respuesta bastante rápida, **si queremos evaluar la rapidez de todo el sistema tendríamos que tomar en cuenta lo siguiente:**

1.- El usuario, su tiempo de respuesta para presionar una tecla de su computadora

que esta enlazada con el escritorio remoto de la computadora que controla el prototipo cartesiano.

2.- La velocidad o ancho de banda con la que tiene contratado el servicio de internet en su computadora, si está conectado por Wireless o por cable RJ45, Ejecuciones de múltiples aplicaciones en la red del cliente

3.- la hora del día por el tráfico de la red de internet, hay horas que no hay tráfico y otras que está saturado.

4.- El tiempo que tarda la señal en llegar a las instalaciones de UPAEP, depende los enlaces de internet entre proveedores de servicio.

5.- El ancho de banda del proveedor de servicio de internet de UPAEP.

6.- La velocidad de cómputo de la computadora de escritorio que esté controlando el prototipo que tiene instalado Labview y conectado físicamente el Arduino por USB

7.- El tiempo de respuesta del prototipo que como ya calculamos el máximo sería de 4.19 seg.

8.- el tiempo de respuesta del robot industrial CRS F3, lleva más tiempo.

9.- El ancho de banda que esté contratado para las cámaras IP para retroalimentar al usuario

10.- El ancho de banda de regreso hacia el usuario, que por lo general es mucho más lento de regreso que de ida, tres o cuatro veces más lento.

11.- El usuario, que se dé cuenta que el robot ya se movió en la cámara IP y que en la cámara web aparezca el display del teach pendant del resultado de haber tecleado algo en él.

Por lo general la comunicación en internet es bastante rápida del orden de fracciones de segundo.

Prototipo con el teach pendant de papel y un tapón de refresco como interruptor de paro de emergencia. En la Fig. 81

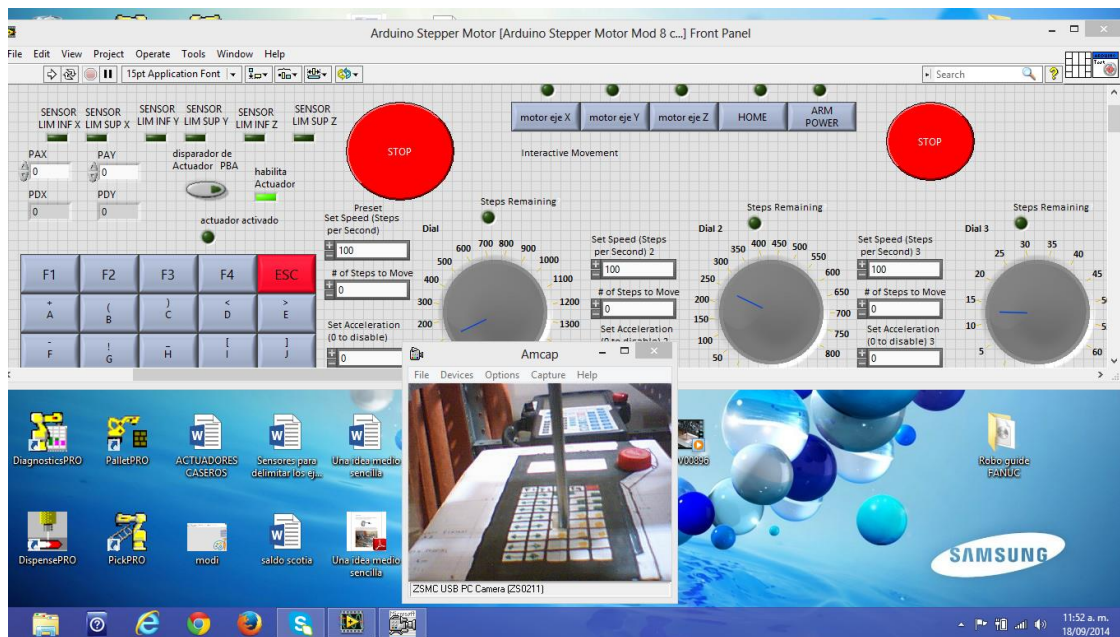


Fig. 81 Escritorio de PC con el programa Labview y la cámara Web instalada en el prototipo.

En la fig. 82 se puede apreciar el prototipo final

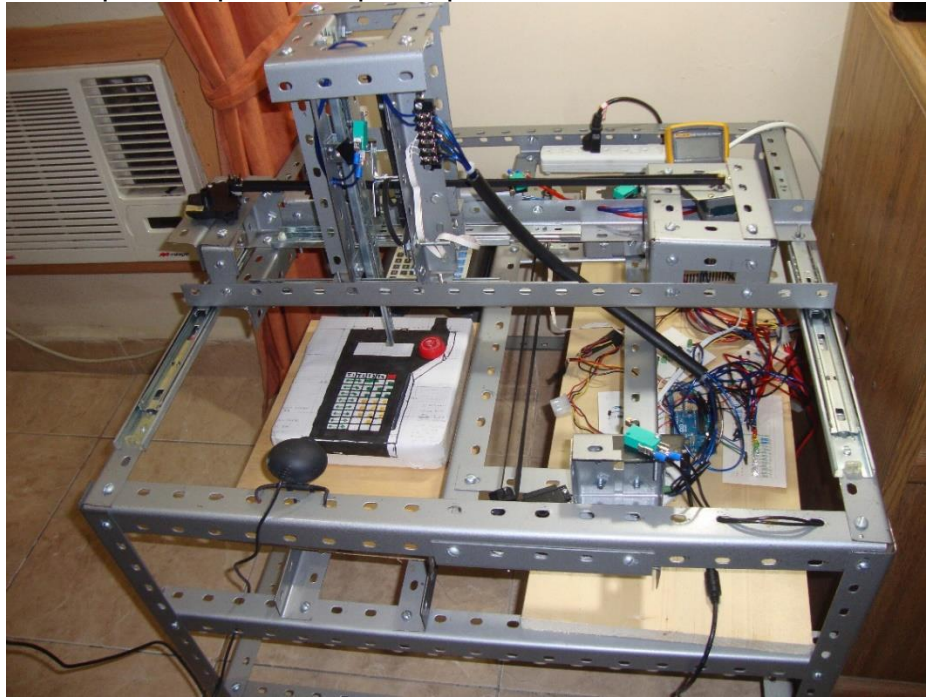


Fig. 82 Prototipo Mecatrónico Final.

Aquí conecte el prototipo con teamviewer a otra laptop Fig. 83

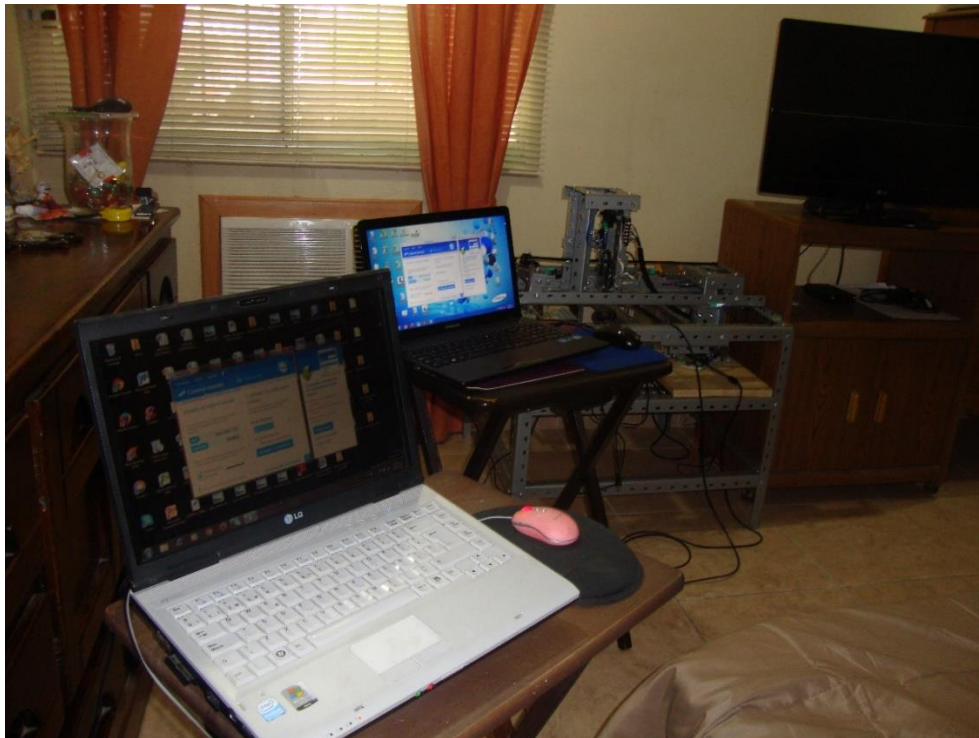


Fig. 83 Pruebas de conectividad con 2 equipos de cómputo enlazados con Teamviewer.

Y le conectamos una televisión para ver mejor la imagen en la Fig. 84



Fig. 84 Prueba de conexión y monitoreo por medio de una TV.

Velocidad de Wireless en la Universidad de Sonora, con Wireless Fig. 85:



Fig. 85 Prueba de Velocidad de enlace Wireless en la Unisón.

Velocidad de internet Wireless en la Unison en la Fig. 86



Fig. 86 Prueba de Velocidad de enlace Wireless en la Unisón final.

Velocidad en mi casa con Wireless en la Fig. 87:



Fig. 87 Prueba de Velocidad de enlace Wireless en mi casa.

Velocidad de enlace en la Fig. 88



Fig. 88 Prueba de Velocidad de enlace Wireless en mi casa final.

Velocidad en mi casa con alambre RJ45 en la Fig.89:



Fig. 89 Prueba de Velocidad de conexión con cable UTP en mi casa.

En la Fig. 90 otra prueba de velocidad

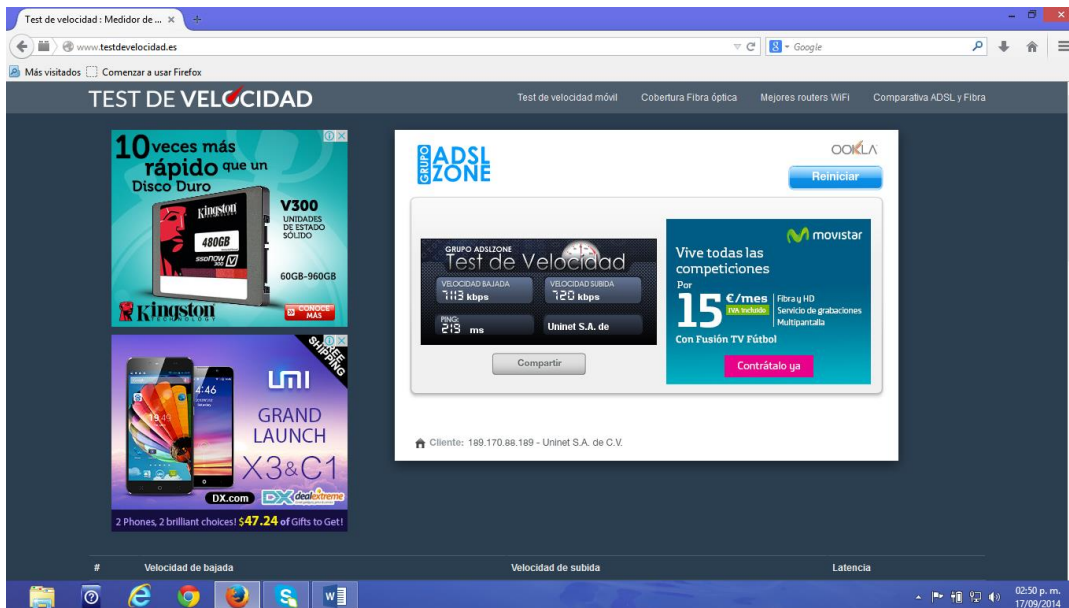


Fig. 90 Prueba de Velocidad de enlace UTP en mi casa.

Con otro software la misma prueba en la Fig. 91

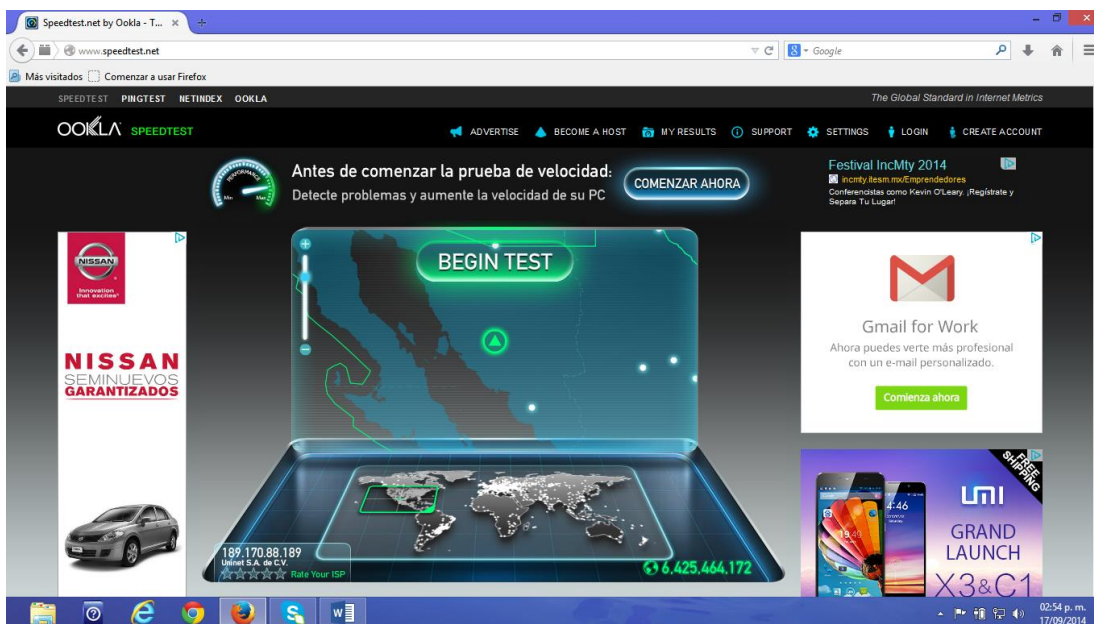


Fig. 91 Prueba de Velocidad de enlace UTP en mi casa con otro software.

Dependiendo del software nos da diferente velocidad en la Fig. 92

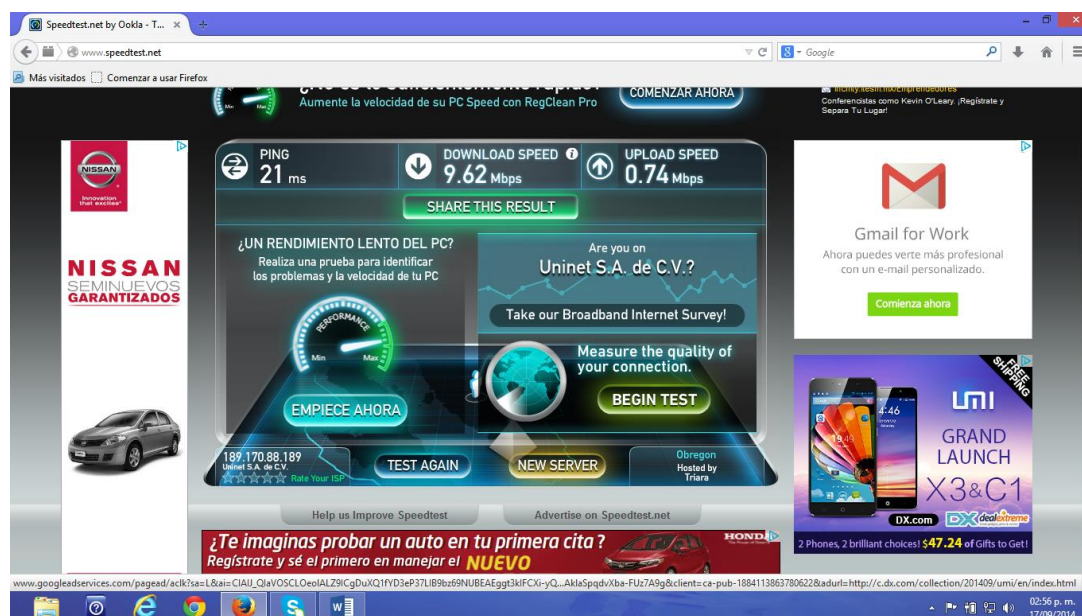


Fig. 92 Prueba de Velocidad de enlace UTP en mi casa con otro software 2.

Otro medidor en la Fig. 93:



Fig. 93 Prueba de Velocidad de enlace UTP en mi casa con otro software 3.

IV. 4 CONCLUSIONES PARTICULARES

En el diseño del prototipo mecatrónico falta incluir 5 interruptores más que van en el controlador del robot, pero se me acabaron los puertos del ARDUINO UNO, por lo que proponemos que se cambie por un ARDUINO MEGA 2560 que las características del nuevo equipo se detallan en el ANEXO.

Los puertos adicionales van a manejar unos micro actuadores que van a presionar cada uno de los interruptores antes mencionados, mediante buffers para cada puerto y que manejen mayor voltaje por ejemplo 12 volts que es el voltaje normal con lo que los actuadores trabajan y evitar que el ARDUINO MEGA 2560 se quemen los puertos.

En el siguiente Capítulo V, trataremos las conclusiones generales.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES GENERALES

Se presenta una metodología que utiliza software libre y un dispositivo para manipular el Teach Pendant por hardware. Esta tecnología es adaptable a cualquier tipo de laboratorios de tipo industrial en otras instituciones educativas. En nuestro caso en particular el laboratorio se encuentra en las instalaciones de UPAEP.

La opción de Servidor Web es la mejor opción para multiusuarios y multitareas, la gran ventaja del sistema aquí presentado es que es un sistema SCADA pero está implementado con software libre NO TIENE COSTO a diferencia de los software que actualmente existen en el mercado y también que, como es código abierto lo podemos modificar a un sin número de laboratorios para adecuarlo a nuestras necesidades, lo que si tiene costo es el Hardware que de todos modos se tiene que adquirir y la gran ventaja es que por éste medio se pueden hacer redes de colaboración interinstitucionales compartiendo recursos de laboratorios remotos. Ejemplos: intercampus del Tec. de Monterrey con UNAM y Cinvestav, Universidad Veracruzana, RENATA en Colombia y varias Universidades en España.

En este trabajo se presenta un modelo de proceso de gestión para laboratorios de robótica y automatización el cual implementa un sistema web con infraestructura de software libre *LAMP* montado sobre un servidor Ubuntu, mismo que provee los controles de acceso, seguridad y uso del laboratorio para la realización de prácticas de laboratorio integra además una interface robótica basada en *Arduino*, programado con el lenguaje de programación *Labview*, que manipula un equipo

Teach Pendant por hardware. Este último componente es un robot cartesiano de pequeñas dimensiones que es manipulado vía web.

Como resultado se tiene un sistema integrado de administración de tiempo, acceso y práctica remota para los estudiantes, que les permite utilizar los equipos del laboratorio de robótica y mecatrónica avanzada sin restricciones de tiempo ni espacio con el fin de complementar su aprendizaje. El sistema cuenta con retroalimentación en tiempo real mediante las cámaras IP y los micrófonos instalados para escuchar las alarmas auditivas del equipo, monitoreando también la pantalla del *Teach Pendant* con una cámara Web. Actualmente los estudiantes pueden acceder a un robot marca FANUC y cinco estaciones de trabajo MPS marca FESTO.

En resumen los alumnos pueden: ver, oír y manipular las computadoras que controlan los MPS y el Robot Industrial. Sin modificar el software y hardware original de cada fabricante de los equipos industriales. La ventaja de esta propuesta contra las ya existentes es en razón del costo del software por el uso de licencias y permisos de acceso al hardware, en contraparte este fue desarrollada con software libre. Presenta además la flexibilidad de permitir modificar la distribución de los laboratorios de acuerdo a las necesidades lo cual no es contemplado por los sistemas propietarios donde la distribución debe acoplarse a únicamente a lo establecido. Añade también una pieza de hardware diseñado para el control (un robot cartesiano).

En nuestro caso en particular el laboratorio se encuentra en las instalaciones del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora campus Hermosillo, que benefician a los alumnos de tres programas de licenciatura:

Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Industrial y de Sistemas e Ingeniería en Sistemas de Información

Como trabajo futuro esta tecnología se propone la adaptación para laboratorios de tipo industrial en instituciones educativas o empresas, en este caso se tiene que modificar de acuerdo al modelo de *Teach Pendant* con el que cuente el equipo, pero son variaciones menores.

La insistencia en utilizar equipo industrial es con el fin de que los estudiantes adquieran experiencia reales para emplear equipos que van a encontrar en su vida laboral y puedan obtener un trabajo, ya que actualmente las instituciones educativas solo cuentan con equipos didácticos que no se comparan con lo que enfrenta un egresado en la realidad.

REFERENCIAS

Agrawal, A.; Srivastava, S. (2007) "WebLab: A Generic Architecture for Remote Laboratories" Advanced Computing and Communications, 2007. ADCOM 2007. International Conference on DOI: 10.1109/ADCOM.2007.71 Publication Year: 2007, Page(s): 301 – 306.

Angulo, I.; Garcia-Zubia, J.; Orduna, P.; Dziabenko, O. (2013) "Addressing low cost remote laboratories through federation protocols: Fish tank remote laboratory" Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2013 IEEE DOI: 10.1109/EduCon.2013.6530192 Publication Year: 2013, Page(s): 757 – 762.

Ariza C.F. Y Amaya D, (2008) Laboratorio remoto aplicado a la educación a distancia, Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Vol. 18-2, 131-145.

Aydogmus, Z.; Aydogmus, O. (2009) "A Web-Based Remote Access Laboratory Using SCADA" Education, IEEE Transactions on Volume: 52, Issue: 1 DOI: 10.1109/TE.2008.921445 Publication Year: 2009, Page(s): 126 – 132.

Baca, J.; Haulis, M.; Suba, S. (2011) "Remote laboratory for digital systems" Interactive Collaborative Learning (ICL), 2011 14th International Conference on DOI: 10.1109/ICL.2011.6059661 Publication Year: 2011, Page(s): 620 – 625.

Bistak, P. (2013) "Advanced remote laboratory for control systems based on Matlab and .NET platform" Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), 2013 IEEE 11th International Conference on DOI: 10.1109/ICETA.2013.6674400 Publication Year: 2013, Page(s): 35 – 39.

Bistak, P.; Zakova, K. (2013) "Rapid design of simple remote laboratory using Matlab" Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), 2013 IEEE 11th International Conference on DOI: 10.1109/ICETA.2013.6674401 Publication Year: 2013, Page(s): 41 – 45.

Bistak, P. (2011) "Remote laboratory server based on Java Matlab interface" Interactive Collaborative Learning (ICL), 2011 14th International Conference on DOI: 10.1109/ICL.2011.6059601 Publication Year: 2011, Page(s): 344 – 347.

Cabrera, M.; Bragos, R.; Pérez, M.; Mariño, J.B.; Rus, J.M.; Gomis, O.; Casany, M.J.; Gironella, X. (2010) "GILABVIR: Virtual Laboratories and Remote Laboratories in engineering: A teaching innovation group of interest" Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE DOI: 10.1109/EDUCON.2010.5492362 Publication Year: 2010, Page(s): 1403 – 1408.

Cagiltay, N.E.; Aydin, E.; Kara, A. (2010) "Principles for the design of a remote laboratory: A case study on ERRL" Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE DOI: 10.1109/EDUCON.2010.5492484 Publication Year: 2010, Page(s): 879 – 884.

Caicedo E, Bacca E.V, Calvache B.A, Cardona J.E. Y Buitrago J.A, (2009) Laboratorio distribuido con acceso remoto para la enseñanza de la robótica, Revista Educación en Ingeniería No. 7, 51-61.

Caminero, A.C.; Robles-Gomez, A.; Ros, S.; Tobarra, L.; Hernandez, R.; Pastor, R.; Castro, M. (2014) "Deconstructing remote laboratories to create Laboratories as a Service (LaaS)" Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2014 IEEE DOI: 10.1109/EDUCON.2014.6826158 Publication Year: 2014, Page(s): 623 – 629.

Casini, M.; Prattichizzo, D.; Vicino, A. (2007) "Operating Remote Laboratories Through a Bootable Device" Industrial Electronics, IEEE Transactions on Volume: 54, Issue: 6 DOI: 10.1109/TIE.2007.907026 Publication Year: 2007, Page(s): 3134 – 3140.

Comparativa de software de Escritorio Remoto (s.f.) Recuperado el 15 de Octubre de 2013, disponible en http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_remote_desktop_software

Comparativo de distribuciones de Linux Recuperado el 15 de Octubre de 2013, disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Comparaci%C3%B3n_de_distribuciones_Linux

Cmuk, D.; Mutapcic, T.; Bilic, I. (2009) "MIRACLE—Model for Integration of Remote Laboratories in Courses that Use Laboratory and e-Learning Systems" Learning Technologies, IEEE Transactions on Volume: 2, Issue: 4 DOI: 10.1109/TLT.2009.48 Publication Year: 2009, Page(s): 275 – 288.

Djalic, V.; Maric, P.; Kotic, D.; Samuelsen, D.; Thyberg, B.; Graven, O. (2012) "Remote laboratory for robotics and automation as a tool for remote access to learning content" Interactive Collaborative Learning (ICL), 2012 15th International Conference on DOI: 10.1109/ICL.2012.6402174 Publication Year: 2012, Page(s): 1 – 3.

Dziabenko, O.; Orduna, P.; Garcia-Zubia, J. (2013) "Remote experiments in secondary school education" Frontiers in Education Conference, 2013 IEEE DOI: 10.1109/FIE.2013.6685140 Publication Year: 2013, Page(s): 1760 – 1764.

Fernandez, G.C.; Gil, M.C.; Perez, F.M. (2012) "Remote robotic laboratory as nexus between students and real engineering" Interactive Collaborative Learning (ICL), 2012 15th International Conference on DOI: 10.1109/ICL.2012.6402136 Publication Year: 2012, Page(s): 1 – 4.

Fujii, N.; Koike, N. (2005) "A New Remote Laboratory for Hardware Experiment with Shared Resources and Service Management" Information Technology and Applications, 2005. ICITA 2005. Third International Conference on Volume: 2 DOI: 10.1109/ICITA.2005.34 Publication Year: 2005, Page(s): 153 – 158.

Fujii, N.; Koike, N. (2005) "A time-sharing remote laboratory for hardware design and experiment with shared resources and service management" Information Technology Based Higher Education and Training, 2005. ITHET 2005. 6th International Conference on DOI: 10.1109/ITHET.2005.1560228 Publication Year: 2005, Page(s): T2B/5 - T2B10.

Gadzhhanov, S.D.; Nafalski, A.; Nedic, Z. (2014) "LabVIEW based remote laboratory for advanced motion control" Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2014 11th International Conference on DOI: 10.1109/REV.2014.6784237 Publication Year: 2014, Page(s): 129 – 136.

Gao Hongyan (2010) "Development of a remote laboratory for process control experiments" E-Health Networking, Digital Ecosystems and Technologies (EDT), 2010 International Conference on Volume: 2 DOI: 10.1109/EDT.2010.5496474 Publication Year: 2010, Page(s): 87 – 90.

Garcia-Zubia, J.; Orduna, P.; Lopez-de-Ipina, D.; Alves, G.R. (2009) "Addressing Software Impact in the Design of Remote Laboratories" Industrial Electronics, IEEE Transactions on Volume: 56, Issue: 12 DOI: 10.1109/TIE.2009.2026368 Publication Year: 2009, Page(s): 4757 – 4767.

Garofano, F.; Gallardo, J.; Guasch, A.; Sanchez, B.; Bragos, R. (2012) "iLabRS: A remote laboratory for science & technology in secondary education" Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2012 9th International Conference on DOI: 10.1109/REV.2012.6293162 Publication Year: 2012, Page(s): 1 – 4.

Graven, O.H.; Samuelsen, D.A.H. (2013) "Remote laboratories with automated support for learning" Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2013 10th International Conference on DOI: 10.1109/REV.2013.6502913 Publication Year: 2013, Page(s): 1 – 5.

Guerra, M.A.; Francisco, C.M.; Girão, P.S. (2011) "PortableLab: Implementation of a mobile remote laboratory for the Android platform" Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2011 IEEE DOI: 10.1109/EDUCON.2011.5773266 Publication Year: 2011, Page(s): 983 – 989.

Guimaraes, E.G.; Cardozo, E.; Moraes, D.H.; Coelho, P.R. (2011) "Design and Implementation Issues for Modern Remote Laboratories" Learning Technologies, IEEE Transactions on Volume: 4, Issue: 2 DOI: 10.1109/TLT.2010.22 Publication Year: 2011, Page(s): 149 – 16.

Huazhong Wang; Hua Cheng; Jun Yao (2010) "Development of a Remote Process Control Laboratory Using Configuration Software" Electrical and Control Engineering (ICECE), 2010 International Conference on DOI: 10.1109/iCECE.2010.209 Publication Year: 2010, Page(s): 815 – 818.

Hegedus, A.S.; Copot, C.; Chevalier, A.; Nascu, I.; De Keyser, R. (2013) "Remote laboratory: A novel tool for control engineering laboratories" System Theory, Control and Computing (ICSTCC), 2013 17th International Conference DOI: 10.1109/ICSTCC.2013.6688969 Publication Year: 2013, Page(s): 256 – 261.

Hercog, D.; Gergic, B.; Uran, S.; Jezernik, K. (2007) "A DSP-Based Remote Control Laboratory" Industrial Electronics, IEEE Transactions on Volume: 54, Issue: 6 DOI: 10.1109/TIE.2007.907009 Publication Year: 2007, Page(s): 3057 – 3068.

Hernández Sampieri R., Fernández Collado C. y Baptista Lucio P. (2003) Metodología de la Investigación, tercera edición, McGraw-Hill/Interamericana Editores, s.a. de c.v.

Iturrate, I.; Martin, G.; Garcia-Zubia, J.; Angulo, I.; Dziabenko, O.; Orduna, P.; Alves, G.; Fidalgo, A. (2013) "A mobile robot platform for open learning based on serious games and remote laboratories" Engineering Education (CISPEE), 2013 1st International Conference of the Portuguese Society for DOI: 10.1109/CISPEE.2013.6701970 Publication Year: 2013, Page(s): 1 – 7.

Imbrie, P.K.; Raghavan, S. (2005) "Work In Progress - A Remote e-Laboratory for Student Investigation, Manipulation and Learning" Frontiers in Education, 2005. FIE '05. Proceedings 35th Annual Conference DOI: 10.1109/FIE.2005.1612126 Publication Year: 2005, Page(s): F3J.

Ionescu, C.M.; Fabregas, E.; Cristescu, S.M.; Dormido, S.; De Keyser, R. (2013) "A Remote Laboratory as an Innovative Educational Tool for Practicing Control Engineering Concepts" Education, IEEE Transactions on Volume: 56, Issue: 4 DOI: 10.1109/TE.2013.2249516 Publication Year: 2013, Page(s): 436 – 442.

Jeschke, S.; Hauck, E.; Pfeiffer, O.; Richter, T. (2009) "Robotics as demonstrator discipline for networked virtual and remote laboratories" Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO), 2009 IEEE Workshop on DOI: 10.1109/ARSO.2009.5587062 Publication Year: 2009, Page(s): 109 – 113.

Junfeng Jing; Luhua Nie; Wang bo; Jiakun Li (2010) "Remote Laboratory Data Management System Based on LabVIEW" Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA), 2010 International Conference on Volume: 2 DOI: 10.1109/ICMTMA.2010.272 Publication Year: 2010, Page(s): 1016 – 1019.

Kaluz, M.; Cirka, L.; Fikar, M. (2011) "Virtual and remote laboratories in education process at FCFT STU" Interactive Collaborative Learning (ICL), 2011 14th International Conference on DOI: 10.1109/ICL.2011.6059562 Publication Year: 2011, Page(s): 134 – 139.

Kaushik, P.; Azad, A.K.M.; Vakati, K.C. (2014) "Customizing household mobile robot for remote laboratories" Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2014 11th International Conference on DOI: 10.1109/REV.2014.6784241 Publication Year: 2014, Page(s): 144 – 150.

Kvascev, G.S.; Djurovic, Z.M.; Kovacevic, B.D.; Vujnovic, S.M. (2014) "eLab as a tool for remote laboratory in process control" Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2014 11th International Conference on DOI: 10.1109/REV.2014.6784198 Publication Year: 2014, Page(s): 393 – 394.

Landino y Hernández (2011) Laboratorio remoto para la enseñanza de la programación de un robot industrial, Ing. USBMed, Vol. 2, No. 1, 33-39.

Lenguaje de programación Python. (s.f.) Recuperado el 15 de Octubre de 2013, disponible <http://www.python.org/>

Li Pengfei; Nie Luhua (2009) "Remote Control Laboratory Based On LabVIEW" Intelligent Computation Technology and Automation, 2009. ICICTA '09. Second International Conference on Volume: 4 DOI: 10.1109/ICICTA.2009.737 Publication Year: 2009, Page(s): 84 – 87.

Limpraptono, F.Y.; Ratna, A.A.P.; Sudibyo, H. (2012) "Remote laboratories multiuser based on embedded web server" Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2012 9th International Conference on DOI: 10.1109/REV.2012.6293113 Publication Year: 2012, Page(s): 1 – 7.

Lindsay, E.; Murray, S.; Stumpers, B.D. (2011) "A toolkit for remote laboratory design & development" Global Online Laboratory Consortium Remote Laboratories Workshop (GOLC), 2011 First DOI: 10.1109/GOLC.2011.6086785 Publication Year: 2011, Page(s): 1 – 7.

López-Garay, H. (2009). Movimiento del Software Libre: hacia una relación libre con la tecnología. Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento, 6 (3), 47-61

Lorandi A.P, Hermida G, J. Hernández J. y Ladrón de Guevara E., (2011) Los laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza en ingeniería, Revista internacional de educación en ingeniería, AcademiaJournals.com Volumen 4, 24-30.

Lowe, D. (2013) "Integrating Reservations and Queuing in Remote Laboratory Scheduling" Learning Technologies, IEEE Transactions on Volume: 6, Issue: 1 DOI: 10.1109/TLT.2013.5 Publication Year: 2013, Page(s): 73 – 84.

Maarouf, S.; Radhi, M.; Vahe, N.; Moustapha, D.A.; Hamadou, S.-H. ; Sandra, S.; Saber, O.; Gerald, B. (2012) "Collaborative activities in the remote laboratory work" Interactive Collaborative Learning (ICL), 2012 15th International Conference on DOI: 10.1109/ICL.2012.6402175 Publication Year: 2012, Page(s): 1 – 6.

Macías, Méndez I. y Guridi E, (2008) Laboratorios Remotos: Aprendizaje y entrenamiento a distancia, ITESM campus Monterrey CUDI.

Maiti, A.; Mahata, S. (2012) "A study of switching mechanisms in remote electronics laboratories for engineering education" Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE), 2012 IEEE International Conference on DOI: 10.1109/TALE.2012.6360295 Publication Year: 2012, Page(s): W2B-4 - W2B-6.

Marques, R.; Rocha, J.; Rafael, S.; Martins, J.F. (2008) "Design and Implementation of a Reconfigurable Remote Laboratory, Using Oscilloscope/PLC Network for WWW Access" Industrial Electronics, IEEE Transactions on Volume: 55, Issue: 6 DOI: 10.1109/TIE.2008.922400 Publication Year: 2008, Page(s): 2425 – 2432.

Masar, I.; Bahnik, P.; Batora, V.; Hudacek, M. (2011) "Design of an easy re-configurable remote laboratory" Interactive Collaborative Learning (ICL), 2011 14th International Conference on DOI: 10.1109/ICL.2011.6059605 Publication Year: 2011, Page(s): 362 – 367.

Mendiburu Díaz H, SCADA Recuperado el 15 de Octubre de 2013, disponible en <http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf>

Mendes, M.J.G.C.; Martins, L. (2014) "An internet remote laboratory to teach Industrial Automation" Human System Interactions (HSI), 2014 7th International Conference on DOI: 10.1109/HSI.2014.6860464 Publication Year: 2014, Page(s): 144 – 149.

Möller, T.; Rosin, A.; Hoimoja, H.; Muur, M. (2008) "PLC based control of remote laboratory experiments" Electronics Conference, 2008. BEC 2008. 11th International Biennial Baltic DOI: 10.1109/BEC.2008.4657533 Publication Year: 2008, Page(s): 273 – 276.

Murtra, M.; Jansa, G.; Martinez, H.; Domingo, J.; Gamiz, J.; Grau, A. (2007) "A proposal of remote laboratory for distance training in robotic applications" Emerging Technologies and Factory Automation, 2007. ETFA. IEEE Conference on DOI: 10.1109/ETFA.2007.4416915 Publication Year: 2007, Page(s): 1180 – 1187.

National Instruments SCADA Recuperado el 15 de Octubre de 2013, disponible en(ftp://ftp.ni.com/pub/branches/latam/nidays_2006/Diseno%20de%20Sistemas%20SCADA%20para%20Monitoreo%20de%20Procesos.pdf).

Nedic, Z.; Nafalski, A. (2013) "Suitability of SCADA for development of remote laboratorios" Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2013 10th International Conference on DOI: 10.1109/REV.2013.6502912 Publication Year: 2013, Page(s): 1 – 4.

Nedic, Z.; Machotka, J.; Nafalski, A. (2003) "Remote laboratories versus virtual and real laboratorios" Frontiers in Education, 2003. FIE 2003 33rd Annual Volume: 1 DOI: 10.1109/FIE.2003.1263343 Publication Year: 2003, Page(s): T3E-1 - T3E-6 Vol.1

Orduna, P.; Rodriguez-Gil, L.; Angulo, I.; Dziabenko, O.; Lopez-de-Ipina, D.; Garcia-Zubia, J. (2012) "Exploring students collaboration in remote laboratory infrastructures" Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2012 9th International Conference on DOI: 10.1109/REV.2012.6293159 Publication Year: 2012, Page(s): 1 – 5.

Orduna, P.; Rodriguez-Gil, L.; Lopez-de-Ipina, D.; Garcia-Zubia, J. (2012) "Sharing the remote laboratories among different institutions: A practical case" Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2012 9th International Conference on DOI: 10.1109/REV.2012.6293178 Publication Year: 2012, Page(s): 1 – 4.

Orduna, P.; Sancristobal, E.; Emaldi, M.; Castro, M.; Lopez-de-Ipina, D.; Garcia-Zubia, J. (FIE), 2012 (2012) "Modelling remote laboratories integrations in e-learning tools through remote laboratories federation protocols" Frontiers in Education

Conference DOI: 10.1109/FIE.2012.6462220 Publication Year: 2012, Page(s): 1 – 6.

Página oficial de Arduino. (s.f.) Recuperado el 15 de Octubre de 2013, disponible <http://www.arduino.cc/>

Página de PIC. (s.f.) Recuperado el 15 de Octubre de 2013, disponible <http://www.pic16f84a.org/>

Pastor, R. ; Hernandez, R. ; Ros, S. ; Sanchez, D. ; Caminero, A. ; Robles, A. ; Tobarra, L. ; Castro, M. ; Diaz, G. ; Sancristobal, E. ; Tawfik, M. (2013) “Online laboratories as a cloud service developed by students” Frontiers in Education Conference, 2013 IEEE DOI: 10.1109/FIE.2013.6684994 Publication Year: 2013 , Page(s): 1081 – 1086.

Pastor, R.; Sanchez, D.; Aliane, N.; Hernandez, R.; Robles-Gomez, A.; Caminero, A.; Ros, S.; Diaz, G.; Castro, M. (2012) “Practical experiences on building structured remote and virtual laboratories from the student's point of view” Frontiers in Education Conference (FIE), 2012 DOI: 10.1109/FIE.2012.6462264 Publication Year: 2012, Page(s): 1 – 6.

Pearson, T.R. (2013) “A full-featured remote laboratory for hands-on engineering education” Frontiers in Education Conference, 2013 IEEE DOI: 10.1109/FIE.2013.6685073 Publication Year: 2013, Page(s): 1453 – 1455.

Perez-Martinez, R.; Villafafila-Robles, R.; Lloret-Gallego, P.; Egea-Alvarez, A.; Sumper, A.; Silos-Sanchez, A. (2011) “Protection system remote laboratory” Electrical Power Quality and Utilisation (EPQU), 2011 11th International Conference on DOI: 10.1109/EPQU.2011.6128832 Publication Year: 2011, Page(s): 1 – 6.

Revista Virtual Universidad Católica del Norte. No. 28, (septiembre – diciembre de 2009, Colombia), acceso: [<http://revistavirtual.ucn.edu.co/>], ISSN 0124-5821 - Indexada Publindex-Colciencias, incluida en Latindex y en EBSCO Information Services

Rodríguez A. (2007) Sistemas Scada. Editorial Marcombo, S.A.

Rodríguez A. (2007) Sistemas SCADA Guía práctica Editorial Marcombo, S.A. 2007 ISBN: 9788426714558

Rojko, A.; Hercog, D.; Jezernik, K. (2008) “Educational aspects of mechatronic control course design for collaborative remote laboratory” Power Electronics and Motion Control Conference, 2008. EPE-PEMC 2008. 13th DOI: 10.1109/EPEPEMC.2008.4635614 Publication Year: 2008, Page(s): 2349 – 2353

Ruiz J. M., (2012) "Labview + Arduino, Utilización de Labview para la Visualización y Control de la Plataforma Open Hardware Arduino" Este trabajo está bajo licencia Creative Commons Attribution 3.0 Unported License. Agosto de 2012 Versión de Documento: Versión. (Beta en Revisión). Blog de referencia: <http://josemanuelruizgutierrez.blogspot.com>.

Saire A. y Gómez H., (2008) Plataforma de aprendizaje a distancia en automatización industrial empleando laboratorios remotos, Invest Apl Innov 2(2), 109-116.

Santiago P, (2012) Comunidad de Laboratorios compartidos Laboratorios 2 instituto de física UNAM, CUDI 23-25 mayo 2012, Ensenada Baja California.

Servicios de Escritorio Remoto de Microsoft Recuperado el 25 Septiembre de 2013, disponible <http://technet.microsoft.com/en-us/library/hh831447>

Servidores bajo Linux Recuperado el 15 de Octubre de 2013, disponible en <http://www.linuxhispano.net/2010/02/16/distribuciones-linux-para-servidores/>

Serrano Jairo E. Y Narváez Pablo S. (2010), Uso de Software Libre para el desarrollo de contenidos educativos, Formación Universitaria Vol. 3(6), 41-50.

Software Labview Recuperado el 15 de Octubre de 2013, disponible en <http://www.ni.com/labview/esa/>

Software libre. (s.f.) Recuperado el 15 de Octubre de 2013, disponible en <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>

Software Roboguide. (s.f.) Recuperado el 15 de Octubre de 2013, disponible en http://www.fanucrobotics.es/~media/Global/Files/Downloads/Datasheets/ES/Roboguide_IB.ashx

Software TeamViewer Recuperado el 15 de Octubre de 2013, disponible en http://www.teamviewer.com/en/index.aspx?pid=google.tv.s.es&gclid=CJrOt9GabbkCFe1_Qgod1U0AVg

Software VNC (Virtual Network Computing). (s.f.) Recuperado el 15 de Octubre de 2013, disponible en <http://www.realvnc.com/products/vnc/>

Stallman R. Conferencia Software Libre Recuperado el 15 de Octubre de 2013, disponible en <http://www.uson.mx/noticias/default.php?id=15051>

Samuelsen, D.A.H.; Graven, O.H. (2011) "Remote laboratory for advanced servo control of electric machines" Interactive Collaborative Learning (ICL), 2011 14th International Conference on DOI: 10.1109/ICL.2011.6059554 Publication Year: 2011, Page(s): 98 - 101.

Sancristobal, E.; Martin, S.; Gil, R.; Orduna, P.; Tawfik, M.; Pesquera, A.; Diaz, G.; Colmenar, A.; García-Zubia, J.; Castro, M. (2012) "State of Art, Initiatives and New Challenges for Virtual and Remote Labs" Advanced Learning Technologies (ICALT), 2012 IEEE 12th International Conference on DOI: 10.1109/ICALT.2012.232 Publication Year: 2012, Page(s): 714 – 715.

Santana, I.; Ferre, M.; Izaguirre, E.; Aracil, R.; Hernandez, L. (2013) "Remote Laboratories for Education and Research Purposes in Automatic Control Systems" Industrial Informatics, IEEE Transactions on Volume: 9, Issue: 1 DOI: 10.1109/TII.2011.2182518 Publication Year: 2013, Page(s): 547 – 556.

Sell, R. (2013) "Remote laboratory environment for embedded system experiments" Experiment@ International Conference (exp.at'13), 2013 2nd DOI: 10.1109/ExpAt.2013.6703072 Publication Year: 2013, Page(s): 201 – 202.

Schauer, F.; Krbecek, M.; Beno, P.; Gerza, M.; Palka, L.; Spilakova, P. (2014) "REMLABNET - open remote laboratory management system for e-experiments" Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2014 11th International Conference on DOI: 10.1109/REV.2014.6784273 Publication Year: 2014, Page(s): 268 – 273.

Schulz, M.; Feng Chen; Payne, L. (2014) "Real-time animation of equipment in a remote laboratory" Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 2014 11th International Conference on DOI: 10.1109/REV.2014.6784247 Publication Year: 2014, Page(s): 172 – 176.

Soares, F.; Leao, C.P.; Carvalho, V.; Vasconcelos, R.M.; Costa, S. (2012) "Automation & Control remote laboratory: Evaluating a cooperative methodology" e-Learning in Industrial Electronics (ICELIE), 2012 6th IEEE International Conference on DOI: 10.1109/ICELIE.2012.6471144 Publication Year: 2012, Page(s): 34 – 39.

Sudibyo F.Y.; Ratna H.; Arifin, A.S. A.A.P.; (2011) "The design of embedded web server for remote laboratories microcontroller system experiment" TENCON 2011 - 2011 IEEE Region 10 Conference DOI: 10.1109/TENCON.2011.6129302 Publication Year: 2011, Page(s): 1198 – 1202.

Sumper, A.; Villafafila-Robles, R.; Molas-Balada, L.; Gomis-Bellmunt, O.; Lopez-Botella, S.; Ambrona-Gonzalez, R. (2007) "Power quality education using a remote monitoring laboratory" *Electrical Power Quality and Utilisation*, 2007. EPQU 2007. 9th International Conference on DOI: 10.1109/EPQU.2007.4424181 Publication Year: 2007, Page(s): 1 – 6.

Tawfik, M.; Sancristobal, E.; Martin, S.; Gil, R.; Diaz, G.; Peire, J.; Castro, M. (2012) "On the design of remote laboratories" *Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2012 IEEE DOI: 10.1109/EDUCON.2012.6201065 Publication Year: 2012, Page(s): 1 – 6.

Tobarra, L.; Ros, S.; Hernandez, R.; Pastor, R.; Robles-Gomez, A.; Cammero, A.C.; Castro, M. (2014) "Low-cost remote laboratories for renewable energy in distance education" *Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, 2014 11th International Conference on DOI: 10.1109/REV.2014.6784235 Publication Year: 2014, Page(s): 106 – 111.

Tzafestas, C.S.; Palaiologou, N.; Alifragis, M. (2006) "Virtual and remote robotic laboratory: comparative experimental evaluation" *Education, IEEE Transactions on* Volume: 49, Issue: 3 DOI: 10.1109/TE.2006.879255 Publication Year: 2006, Page(s): 360 – 369.

Uran, S.; Hercog, D.; Jezernik, K. (2007) "Remote Control Laboratory with Moodle Booking System" *Industrial Electronics*, 2007. ISIE 2007. IEEE International Symposium on DOI: 10.1109/ISIE.2007.4375089 Publication Year: 2007, Page(s): 2978 – 2983.

Zimin, A.M.; Korshunov, S.V.; Shumov, A.V.; Troynov, V.I. (2013) "Remote access laboratories for training of engineers in the 21th century" *Strategic Technology (IFOST)*, 2013 8th International Forum on Volume: 1 DOI: 10.1109/IFOST.2013.6616942 Publication Year: 2013, Page(s): PS-9 - PS-13.

ANEXOS

Para proyectos más grandes se recomienda utilizar el ARDUINO MEGA 2560



Fig. 94 Arduino MEGA 2560.



Fig. 95 Comparación de ARDUINO MEGA 2560 vs ARDUINO UNO.

El Arduino Mega 2560 es una placa electrónica basada en el microprocesador Atmega2560. Tiene 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART (hardware puertos serie), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un header ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; simplemente basta conectarlo a un ordenador con un cable USB o con cable de poder con un adaptador de CA o la batería a CC para empezar. La Mega es compatible con la mayoría de los shields diseñados para el Arduino Duemilanove o Diecimila.

EVIDENCIA DE LA PRODUCTIVIDAD ACADÉMICA RESULTADO DE LA TESIS

1.- Artículo en Revista internacional arbitrada “Epistemus “, diciembre de 2013.

10 puntos

2.- Constancia de Ponencia en el Coloquio de Posgrados UPAEP junio de 2013.

1 punto

3.- Constancia Programa de Radio Universidad “Ingenio” Agosto de 2013

1 punto

4.- URL de Página de la Universidad de Sonora Septiembre de 2013.

1 punto

5.- Carta Invitación y Constancia de Estancia en la BUAP

4 puntos

6.- Proyecto en Universidad de Sonora de Laboratorios Remotos CITEE 2013

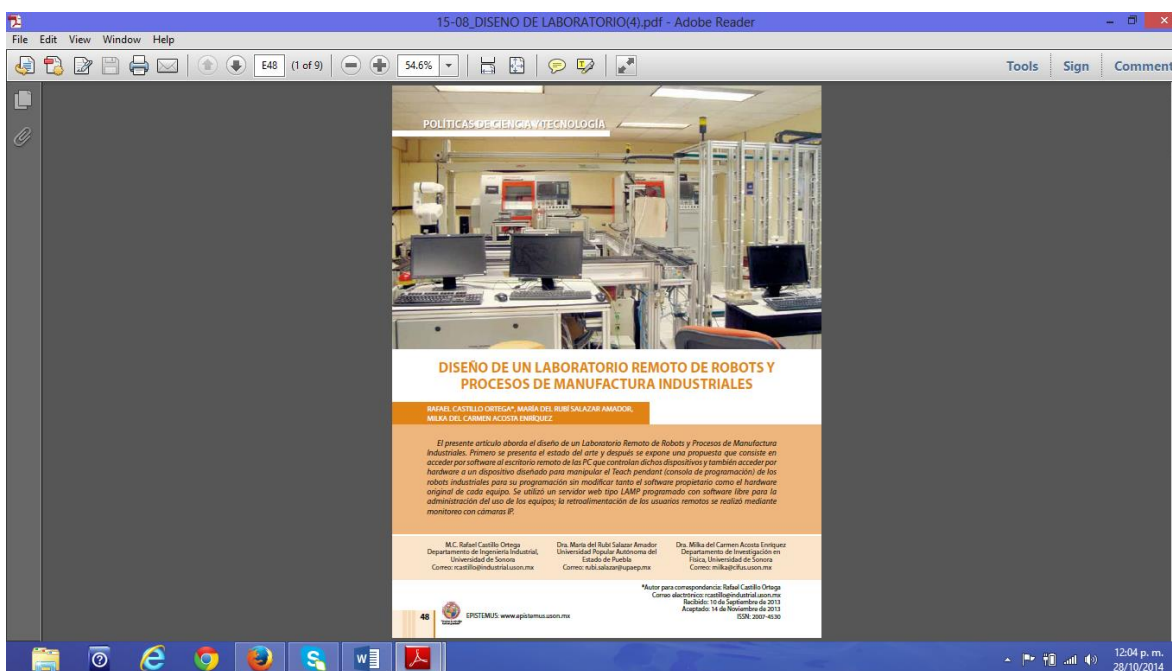
Memoria en extenso de congreso nacional

3 Puntos

Total puntos = 20

1.- Artículo en Revista internacional arbitrada “Epistemus “, diciembre de 2013.

10 puntos



2.- Constancia de Ponencia en el Coloquio de Posgrados UPAEP junio de 2013.

1 punto



Otorga la presente

CONSTANCIA

A RAFAEL CASTILLO ORTEGA

Por su valiosa participación en el **6to**
Coloquio Interdisciplinario de Doctorado

Como: **PONENTE**

Puebla, Pue., México, 27 y 28 de junio de 2013

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'H. Regordosa', is written over a faint circular stamp.

Mtro. Herberto Rodríguez Regordosa
Vicerrector de Posgrados e Investigación

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'C. Vega Lebrún', is written over a faint circular stamp.

Dr. Carlos Vega Lebrún
Director de Calidad de Posgrados



3.- Constancia Programa de Radio Universidad "Ingenio" Agosto de 2013

1 punto



EL SABER DE MIS HIJOS
HARÁ MI GRANDEZA

LA UNIVERSIDAD DE SONORA

UNIDAD REGIONAL CENTRO

A través de la

DIVISIÓN DE INGENIERÍA**Y RADIO UNIVERSIDAD**

Otorgan la presente

C O N S T A N C I A

A

RAFAEL CASTILLO ORTEGA

Por haber participado como invitado en el programa radiofónico de la División de Ingeniería:
INGENIO: la manera inteligente de transformar, en la sección de *La Entrevista* con el
tema: **Control de robots y procesos de manufactura industriales**, la cual se llevó a cabo el
21 de agosto de 2013, en las instalaciones de Radio Universidad.

Hermosillo, Sonora, México, a 21 de septiembre de 2013

ING. RAFAEL PACHECO RODRÍGUEZ

Coordinador General del Programa de Radio



4.- URL de Página de la Universidad de Sonora Septiembre de 2013.

1 punto

<http://www.uson.mx/noticias/default.php?id=15339>



5.- Carta Invitación y Constancia de Estancia en la BUAP

4 puntos

BENEMÉRITA
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA



FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA

DRA. RUBÍ SALAZAR AMADOR
COORDINADORA DEL POSGRADO
EN MECATRÓNICA UPAEP.

Por medio de la presente reciba un cordial saludo, al mismo tiempo extendiendo una cordial invitación al profesor M.C. Rafael Castillo Ortega para realizar una estancia de Investigación en la Facultad de Ciencias de la Electrónica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).

Dicha Invitación es para planear trabajos sobre investigación científica y desarrollo tecnológico en forma conjunta entre UPAEP. y el grupo de Robótica de la BUAP. Para la realización de su Tesis Doctoral.

De aceptar la presente invitación, le propongo que la visita se realice en el periodo de enero a junio de 2013.

Sin más por el momento y agradeciendo su atención, me despido y quedo de usted.

A T E N T A M E N T E
"PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR"
H. Puebla de Z., a 07 de enero de 2013

Facultad de Ciencias de la Electrónica
DR. FERNANDO REYES CORTÉS
SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN
Y ESTUDIOS DE POSGRADO
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

Recibí 13/02/2013

BENEMÉRITA
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA



FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA

DRA. RUBÍ SALAZAR AMADOR
COORDINADORA DEL POSGRADO
EN MECATRÓNICA UPAEP.

Por medio de la presente reciba un cordial saludo, al mismo tiempo extendiendo la presente CONSTANCIA al profesor M.C. Rafael Castillo Ortega, de la estancia de investigación en la Facultad de Ciencias de la Electrónica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Dicha estancia fue para planear trabajos sobre investigación científica y desarrollo tecnológico en forma conjunta entre UPAEP y el grupo de Robótica de la BUAP y el maestro se desempeñó como investigador invitado.

La visita se realizó en el período del 14 de enero al 4 de junio de 2013.

Sin más por el momento y agradeciendo su atención, me despido y quedo de usted.

ATENTAMENTE
"PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR"
H. Puebla de Z., a 17 de Junio de 2013.

DR. FERNANDO REYES CORTÉS
SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN
Y ESTUDIOS DE POSGRADO

*Recibi original
18/ Junio/2013*

6.- Proyecto en Universidad de Sonora de Laboratorios Remotos CITEE 2013

Memoria en extenso de congreso nacional

3 Puntos

**VI CONGRESO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA,
CITEE 2013**
"Creando tecnología, impulsando la ingeniería a otro nivel"

Instituto Tecnológico de Sonora
Antonio Caso S/N
Teléfono (644) 410-90-01 ext. 101
C.P. 85000 Ciudad Obregón, Sonora,
México
www.itson.mx



Cd. Obregón, Sonora. 23 de octubre de 2013.

M. EN C. RAFAEL CASTILLO ORTEGA
PRESENTE

El comité de potencias hace de su conocimiento que el artículo titulado "*Laboratorio remoto de robótica y procesos de manufactura industriales*" fue aceptado para su presentación en el VI CONGRESO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA, CITEE2013, y será publicado en las memorias, con registro ISBN.

Sin otro particular de momento aprovecho la ocasión para enviarle una felicitación por su ponencia y ponerme a su disposición para cualquier aclaración o comentario.

Atentamente

José Antonio Beristáin Jiménez
Comité de ponencias, CITEE2013
Cubículo 58 (CAD)
Depto. de Ing. Eléctrica y Electrónica;
Instituto Tecnológico de Sonora
Tel: 52 (644) 410 90 00 ext.1780
Fax: 52 (644) 410 90 00



Miembro de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior
Miembro del Consorcio para la Colaboración de la Educación Superior en América del Norte

