



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. GUZMÁN

TITULACIÓN INTEGRAL
TESIS

TEMA:
**ESTACIÓN AUTOMATIZADA PARA VERIFICACIÓN
DE FUNCIONALIDAD DE DISPOSITIVO TÁCTIL
P450**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTA:
CRISTIAN ALEXANDRO GARCÍA ALONSO

DIRECTOR DE TESIS:
MIP. JOSÉ DE JESÚS GARCÍA CORTÉS

CODIRECTOR DE TESIS:
MEH. MARCO ANTONIO SOSA LÓPEZ

CD. GUZMÁN JALISCO, MÉXICO, OCTUBRE DE 2019



"2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata"

Cd. Guzmán, Municipio de Zapotlán el Grande, Jal, **14/OCTUBRE/2019**

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

M.C. FAVIO REY LUA MADRIGAL
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del Egresado:	CRISTIAN ALEXANDRO GARCÍA ALONSO
Carrera:	INGENIERÍA ELECTRÓNICA
No. De Control:	14290383
Nombre del Proyecto:	ESTACIÓN AUTOMATIZADA PARA VERIFICACIÓN DE FUNCIONALIDAD DE DISPOSITIVO TÁCTIL P450
Producto:	TESIS

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

M.E.H. MARCO ANTONIO SOSA LÓPEZ
JEFE DEL DEPTO. ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

M.I.P. JOSÉ DE JESÚS GARCÍA CORTES ASESOR	M.E.H. GUSTAVO CHÁVEZ ORENDAIN REVISOR	M.E.H. MARCO ANTONIO SOSA LÓPEZ REVISOR

C.p.expediente

MAIA/MASL/adc

S.E.P. TecNM
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE CD. GUZMÁN
DEPTO. ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA

Av. Tecnológico No. 100 C.P. 48100



150

Cd. Guzmán, Jal. Tel. Comandante (341) 5752950

www.tecnm.mx | www.iteq.edu.mx



AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres Bruno y Ramona por su confianza y apoyo incondicional.

Agradezco sinceramente a mis compañeros de trabajo y supervisores por su paciencia al enseñarme, y su confianza para asignarme tareas importantes dentro del área.

A mi asesor y Maestro Jesús Garcia por su paciencia esperando el presente reporte y su ojo crítico al realizar la revisión de este.

A todos mis profesores de los que tuve la fortuna de aprender a pensar como ingeniero Electrónico

A mis amigos, juntos aprendimos y nos mejoramos mutuamente.

A Sarai Carolina con amor.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS.....	III
ÍNDICE DE TABLAS	IV
RESUMEN	V
CAPITULO I GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
<i>Objetivo general</i>	3
<i>Objetivos específicos</i>	3
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4 HIPÓTESIS.....	6
1.5 CONTRIBUCIONES A LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.6 DESCRIPCIÓN DEL PUESTO Y ÁREA DE TRABAJO	7
<i>Descripción de la empresa</i>	7
<i>Misión</i>	7
<i>Visión</i>	7
<i>Valores</i>	7
<i>Departamento</i>	8
1.7 PROBLEMAS POR RESOLVER PRIORIZÁNDOLOS.....	12
1.8 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS	13
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	15
2.2 PRUEBAS FUNCIONALES.....	15
2.3 SISTEMAS NEUMÁTICOS	16
2.4 ACTUADORES NEUMÁTICOS	18
<i>Cilindro neumático de movimiento lineal</i>	18
2.5 ADQUISICIÓN DE DATOS	19
2.6 SISTEMAS DE VISIÓN	20
2.7 JABIL TEST.....	20
2.8 DISPOSITIVO P450.....	21
CAPITULO III ESTADO DEL ARTE.....	22
3.1 EQUIPO DE INSTRUMENTACIÓN	23
3.2 INSTRUMENTACIÓN MODULAR: SISTEMAS PXI	24
<i>Chasis</i>	25
<i>Controlador</i>	26
<i>Módulos</i>	26
<i>Software</i>	26
CAPITULO IV INFORME TÉCNICO	28
4.1 MÉTODOS	29
4.2 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN.....	31

4.3 FILOSOFÍA DE CONTROL	31
4.4 ARQUITECTURA DE CONTROL	32
4.5 LISTA DE EQUIPOS	32
4.6 INTERFACES DE COMUNICACIÓN	34
4.7 ENTRADAS Y SALIDAS DEL SISTEMA	34
4.8 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA	35
4.9 DISEÑO DEL CONTROL ELECTRO Y NEUMÁTICO DEL SISTEMA	36
4.10 DIAGRAMA ELÉCTRICO DE LAS FUENTES DE POTENCIA DEL SISTEMA	37
4.11 DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN DE LAS DAQS NI USB-6501	38
4.12 DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN DE UN SOLO NIDO	39
4.13 ALGORITMO DE LA PRUEBA FVT	40
4.14 CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN	41
CAPITULO V RESULTADOS	47
5.1 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	48
5.2 OBSERVACIONES	51
5.3 RECOMENDACIONES	51
5.4 TRABAJOS FUTUROS.....	52
5.5 EXPERIENCIA PROFESIONAL ADQUIRIDA.....	53
5.6 COMPETENCIAS DESARROLLADAS	54
5.7 CONCLUSIÓN GENERAL.....	56
GLOSARIOS DE TÉRMINOS	57
FUENTES DE INFORMACIÓN	58
ANEXOS.....	59
DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN DEL LAS TARJETAS DE RELEVADORES PARA EL SEGUNDO NIDO	60
DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN DE LAS TARJETAS DE LOS RELEVADORES	61

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1	SISTEMA NEUMÁTICO.	17
FIGURA 2.2	CILINDRO NEUMÁTICO.	18
FIGURA 2.3	SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.	19
FIGURA 2.4	P450 IN HOME ENERGY MONITOR.	21
FIGURA 3.1	ELEMENTOS DE UN SISTEMA PXI	24
FIGURA 3.2	ARQUITECTURA COMPLETA DE UN SISTEMA PXI	27
FIGURA 4.1	LA ARQUITECTURA DE CONTROL.	32
FIGURA 4.2	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISETEMA FVT PARA EL DISPOSITIVO P450.....	35
FIGURA 4.3	DISEÑO DEL CUADRO ELÉCTRICO Y NEUMÁTICO DE CONTROL.	36
FIGURA 4.4	ESQUEMATICO DE LA FUENTES DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA.	37
FIGURA 4.5	ESQUEMÁTICO DE ONEXIÓN DE AMBAS DAQS.	38
FIGURA 4.6	ESQUEMÁTICO DE CONEXIÓN DE LAS TARJETAS DE RELEVADORES CON MANIFOLD, PARA UN NIDO....	39
FIGURA 4.7	ALGORITMO PRINCIPAL DE FVT PARA EL DISPOSITIVO TÁCTIL P450.	40
FIGURA 4.8	MANIFOLD Y CONEXIONES.	41
FIGURA 4.9	CÁMARA IDS DE INFAIMON.	41
FIGURA 4.10	ACTUADORES NEUMÁTICOS PARA LA PRUEBA TÁCTIL, UNIDAD GOLDEN.	42
FIGURA 4.11	FIXTURE PARA COLOCAR DUT.	42
FIGURA 4.12	REGULADOR DE PRESIÓN.	43
FIGURA 4.13	FIXTURE PARA LA PRUEBA DE CORRIENTE DE DUT.....	43
FIGURA 4.14	DUT COLOCADO EN EL FIXTURE.	44
FIGURA 4.15	TECLADO Y RATÓN DE LA ESTACIÓN.	44
FIGURA 4.16	COMPUTADORA CENTRAL DE CONTROL.	45
FIGURA 4.17	FUENTE Y MULTÍMETRO DIGITAL.	45
FIGURA 4.18	IMPRESORA ZEBRA.	46
FIGURA 5.1	ELEMENTOS DE CONTROL DAQS, MANIFOLD, RELEVADORES, FUENTES DE VOLTAJE.	49
FIGURA 5.2	SENSORES CAPACITIVOS TÁCTILES DE ACTIVACIÓN, FIXTURE Y CILINDROS NEUMÁTICOS DE POSICIÓN.	49
FIGURA 5.3	ESTACIÓN PARA FVT DEL P450 DE LANDIS.....	50
FIGURA A.1	ESQUEMÁTICO DEL SEGUNDO NIDO.....	60
FIGURA A.2	ESQUEMÁTICO DE CONEXIÓN PARA RELEVADORES DE LAS TARJETAS.	61

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I	LISTA DE EQUIPOS Y DISPOSITIVOS UTILIZADOS.....	32
TABLA II	ENTRADAS Y SALIDAS DEL SISTEMA.	34

RESUMEN

En Jabil agilizar la manufactura y prueba de funcionalidad del dispositivo P450 de Landis es prioridad para cumplir con la creciente demanda del cliente que cumpla sus requerimientos de productividad y calidad. El objetivo del proyecto fue implementar una estación de prueba de funcionalidad (FVT, functional verification test) automática para dicho dispositivo, cumpliendo las especificaciones de diseño y rendimiento del cliente.

La estación se realizó mediante la integración de software y hardware especializado para el desarrollo de pruebas en Jabil, el centro de la integración es Jabil test que en el cual se enlazan los siguientes elementos: tarjeta de adquisición de datos, sistema de visión, unidad de prueba (DUT, Device under test), multímetro digital, impresora Zebra y actuadores neumáticos.

La estación se validó mediante un estudio de reproductividad y repetibilidad (R&R, Reproductivity and Repetibility), que se optimizó mediante 100 unidades de prueba. Actualmente se encuentra en línea de producción, y tiene la capacidad de realizar la prueba en dos unidades de forma paralela, cada prueba tiene una duración de alrededor de 3 minutos, es decir cada 3 minutos la estación realiza la prueba funcional dos unidades. Los resultados fueron satisfactorios. En ocasiones se asiste con soporte remoto a la estación cuando se presentan casos particulares, esto ocurre en muy poca frecuencia.

Palabras clave

Prueba funcional, FVT, automatización industrial, desarrollo de pruebas, sistema de visión, tarjeta de adquisición de datos, actuadores neumáticos, Jabil test.

CAPITULO I GENERALIDADES DEL PROYECTO

INTRODUCCIÓN

Jabil Circuit de Mexico, es una empresa dedicada a la manufactura electrónica, sus clientes esperan que sus productos sean elaborados con los mejores estándares de productividad y calidad. Todos los clientes con los que Jabil trabaja son importantes, entre esos clientes se encuentra Landis, uno de los productos que manufactura Jabil para Landis es su dispositivo táctil P450. Por lo tanto, ofrecer el mejor estándar de productividad y calidad a Landis es prioridad.

Las pruebas funcionales en dispositivos electrónicos aseguran que estos realicen las funciones para las que se diseñaron. En Jabil no se contaba con estación para la prueba funcional del dispositivo P450, las diferentes pruebas se hacían en diferentes estaciones y eran realizadas por técnicos de soporte. Debido a esto, fue necesario el diseño, desarrollo e implementación de una estación automatizada para la prueba de funcionalidad del dispositivo P450 que pueda ser operada por un Operador y que cumpla con la demanda de calidad y productividad establecida por el cliente.

Como departamento de Automatización en Jabil, este proyecto nos fue requerido por el área de pruebas de Jabil Edificio 1, y estos se lo vendieron a Landis.

En el presente informe se presenta el desarrollo y resultados de la implementación del proyecto. En la justificación

En la justificación se resalta la importancia y pertinencia del proyecto para Jabil y Landis. En el Marco teórico se abordan el marco conceptual de las variables que intervienen en el diseño y desarrollo de la estación y otros aspectos importantes para que sustentan el desarrollo del mismo. En la sección de desarrollo se presenta la metodología, los materiales, equipos y técnicas utilizadas, así como la descripción de cada etapa y sus actividades. En los resultados se presentan los productos obtenidos. Por último, en la sección de conclusiones y recomendaciones se describen y evalúan las aportaciones del proyecto y sus resultados obtenidos, se proponen mejoras del mismo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Mejorar la inspección calidad y su eficiencia en los dispositivos P450 manufacturados en Jabil, mediante la implementación de una estación automatizada para la prueba de funcionalidad del dispositivo P450.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer con detalle las especificaciones de desempeño y funcionalidad que necesita el cliente para la prueba automatizada del dispositivo P450. Es decir que pruebas y verificaciones se le deben realizar al dispositivo.
- Diseñar una propuesta que cumpla con las especificaciones del cliente.
 - Diseñar el sistema de automatización de prueba del dispositivo: parte eléctrica, electrónica, neumática, sistema de visión, sensores, actuadores, PC, software e impresores de etiquetas.
 - Diseñar la estructura de la estación, considerando cada uno de los elementos que debe integrar, y la manera que esta va a operar.
 - Diseñar el fixture de prueba del dispositivo.
- Cotizar la estación, contemplando los elementos y componentes necesarios y el tiempo de desarrollo y pruebas requerido.
- Presentar la propuesta al cliente y recibir retroalimentación.
- Realizar las mejoras y correcciones observadas por el cliente.
- Construir la parte estructural y los fixtures requeridos de la estación de prueba.
- Integrar y probar cada uno de los elementos del sistema:
 - Conexión y ruteo los elementos eléctricos y electrónicos.
 - Conexión y ruteo de los componentes neumáticos.
 - Conexión del sistema de visión.
 - Conexión de los sensores y actuadores.
 - Conexión de la computadora.
 - Conexión de la impresora de etiquetas.
 - Conexión de la alimentación general del sistema y protecciones.

- Iniciar la estación para verificar que cada parte funciona de la manera esperada.
- Escribir el código en Jabil Test que se encargara de automatizar toda la prueba del dispositivo.
- Revisar el código, probando unidades gold obtenidas del cliente, hasta lograr un desempeño y tiempo de prueba satisfactorios, de cada uno de las funciones y pasos que se prueban en el dispositivo.
- Realizar pruebas con unidades negativas, y corregir en caso de falsos positivos.
- Realizar pruebas con unidades buenas, y corregir en caso de falsos negativos.
- Presentar la estación funcionando completamente al cliente, esperar su apropiación, y en su caso realizar las mejoras o correcciones observadas.
- Optimizar el código y reducir el tiempo que dura la prueba.
- Integrar la estación a la línea de producción del dispositivo táctil P450.
- Redactar el informe final de residencias profesionales.

JUSTIFICACIÓN

Con la nueva estación de prueba de funciones automatizada para el dispositivo P450 se mejorarán los tiempos de producción, empaque y entrega de este, ya que en una sola estación se hará la verificación de dos dispositivos de manera paralela, con una mínima intervención del operador. Esto permitirá detectar unidades con algún defecto de manera consistente, y evitar así que el cliente regrese unidades defectuosas, que significan un mayor gasto para la empresa.

El presente informe presenta el desarrollo y sus resultados. Nos introduce a la integración de estaciones automatizadas, que actualmente en la industria de manufactura electrónica se ha hecho más importante, debido al aumento de complejidad de los dispositivos fabricados, esto conlleva a que las pruebas que se realizan deban ser más complejas y muy eficientes, sobre todo para detectar fallas reales, que si llegan al cliente pueden ocasionar muchos gastos para la empresa. Además, se demanda un flujo constante de unidades, que cubra el plan de producción y los estándares de calidad del cliente.

Debido a que pruebas y procesos como la calibración, detección de pixeles muertos, pruebas de RF, de firmware, etc., llegan a consumir bastante tiempo si son realizadas por operarios, sumado a que esto pueden distraerse y agotarse. Por lo tanto, la integración de estaciones automatizadas para distintas tareas repetitivas y complejas, es la mejor opción para las industrias de manufactura actualmente, y en el futuro lo será aún más.

HIPÓTESIS

Si se implementa una estación en la cual las pruebas funcionales del dispositivo táctil P450 sean realizadas de manera automática con mínima intervención del operador, entonces se mejorarán los tiempos de producción, empaque y entrega al cliente del dispositivo.

CONTRIBUCIONES A LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

- Se trabajó en la colocación, cableado y ruteado del equipo eléctrico y electrónico de la estación.
- Se realizó la programación de una función para la prueba de corriente del dispositivo al script de Jabil test.
- Se agregó al script de Jabil test de la estación, funciones para la impresión de etiquetas por medio de programación en ZPL II para una impresora Zebra.
- Se apoyó con la optimización de la estación, al probar unidades de prueba (SAMPLE), mejorando y corrigiendo los parámetros de la prueba, o corrigiendo errores en el código cuando se presentaron.
- Se apoyó al dar soporte remoto a la estación solucionando los problemas que se presentaron durante la puesta en línea del equipo.
- Se apoyó integrando nuevas funciones que fueron solicitadas por el cliente, después de entregar la estación.

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO Y ÁREA DE TRABAJO

Nombre de la empresa: Jabil Circuit de México, S. de R.L. de C.V.

Domicio: Avenida Valdepeñas #2030, Lomas de Zapopan.

Lugar en que ubica: Zapopán, Jalisco, México.

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Jabil Guadalajara inició operaciones en 1997, hoy es la planta más grande de Latinoamérica, ofreciendo la más alta calidad en servicios y soluciones de manufactura.

MISIÓN

Construido sobre una base de empleados y empleados facultados, Jabil se esfuerza para ser el principal socio global de servicios de manufactura, a través del continuo desarrollo de sus clientes y mercados, ofreciéndoles capacidades y servicios rentables.

VISIÓN

Ser el proveedor líder mundial de servicios de manufactura, habilitando a sus empleados para que, en forma proactiva, ofrezcan a los clientes soluciones innovadoras y estratégicamente benéficas.

VALORES

Estos principios integran los valores locales y corporativos para crear una filosofía más sólida que nos guíe en la forma en que hacemos negocios, tomamos decisiones y actuamos, como miembros de la gran familia Jabil.

- Respeto: a todas las personas que integran nuestra empresa, su entorno familiar, ambiental y social, y la diversidad de opiniones. Cuidamos nuestra empresa, sus activos y los equipos que nos asignan.

- Responsabilidad: con nuestros procesos y procedimientos para concretar nuestros compromisos con todos los que formamos parte de Jabil. Cuidando siempre nuestros recursos y haciéndolos más eficientes.
- Integridad: es la piedra angular sobre la que fincamos nuestras relaciones de negocio, con nuestros clientes, proveedores, accionistas, gobierno y sociedad. Siendo siempre congruentes entre lo que pensamos, decimos y hacemos.
- Excelencia: a través de la mejora continua, comprometidos con la ejecución, concentrando nuestros compromisos y manteniendo siempre la cultura de calidad para exceder las expectativas de nuestros clientes.
- Empleados: la grandeza de Jabil es nuestra gente, nuestro activo más valioso. Formamos equipos facultados y nos divertimos, haciendo nuestro trabajo. Promovemos siempre la igualdad de oportunidades entre todos los miembros de Jabil.

DEPARTAMENTO

Automatización Technology Park Build 5

Estuve primero dos meses como becario en el área de automatización, para después ser contratado como técnico de la misma área. Como becario mi horario fue de 8:00 am a 2:00 pm y en algunas ocasiones permanecía en la empresa hasta las 5:30 pm para apoyar en los proyectos. Fue contrato como técnico de Automatización el 27 de agosto de 2018, y estuve en diversos horarios de 8:00 am a 5:30 pm la primera semana de entrenamiento para luego estar de forma fija de 2:00 pm a 9:30 pm, y durante dos semanas estuve en turno nocturno de 9:30 pm a 6:00 am.

Mis actividades como becario fueron con diversos proyectos que son descritos brevemente a continuación:

- Ayudas visuales mediante gifs: los operadores de línea de producción utilizan ayudas visuales en formato pdf para revisar cada paso del ensamble y las pruebas que se les hacen a las unidades, estas tienen muchas imágenes para indicar al operador cada paso o acción, en lugar de tener esas imágenes y referenciarlas en el texto a varias de

estas, se propone que por página se muestra una animación con las acciones que debe realizar el operador. Se modificó una ayuda visual, a la cual, en cada página, en lugar de varias imágenes, se integró una animación mostrando los pasos descritos en el texto.

- Diseño de una tarjeta de relevadores para uso con dispositivos digitales: se utilizando relevadores de 5 VDC y un buffer, se agregaron pines y terminales de conexión, se presentó la propuesta al supervisor.
- Desarrollo de script para la actualización automática de firmware para equipos de Crestron: Se realizó la conexión de Jabil test con una herramienta de Crestron denominada Toolbox para enviar comando a sus unidades, con esta interfaz se logró realizar la actualización automática de firmware en caso de que la versión de la unidad fuera obsoleta. El script se corre actualmente en línea de producción sin ningún inconveniente.
- Cursos para nuevos elementos de la familia Jabil: en una página web que se llama Workday, se asignan cursos de diversos temas a todos los trabajadores de Jabil. Como becario se realización cursos sobre políticas de la empresa, normas, estándares, reglamentos y forma de proceder en algún incidente en la empresa.
- Instalación de impresoras RFID: apoye al equipo de automatización a cambiar las impresoras, tres impresoras normales por tres impresoras RFID de la marca Zebra en el área de empaque. Estas fueron la prueba piloto de una implementación, que consiste en escanear todas las unidades empaquetadas de un pallet de manera automática al hacerlo pasar a través de un arco con antenas RFID.
- Validación de arco RFID: se hizo un mapeo de un pallet de 210 unidades empaquetadas, a cada unidad le corresponde una coordenada x, y, z , esto con el fin de validar y calibrar el arco RFID.

Proyectos asignados como técnico de automatización sin contar el proyecto del presente documento, se lista con una breve descripción a continuación.

- Sistema de visión para la inspección visual de la familia HD de Crestron, que incluye todos los elementos exteriores como tornillos, serigrafía y etiquetas.
- Mejora de diversos scripts de Jabil test de equipos de visión y de prueba funcional. Entre las mejoras más comunes que se realizan a los scripts de Jabil test son el agregar nuevos modelos, agregar antitester a los que no lo tengan, corregir bugs y errores de programación, agregar identificación de operador capacitado.
- Soporte continuo a equipo de visión operativos en línea de producción. Durante el turno de trabajo de debe proporcionar soporte a equipo de visión en cada de que estos fallen o esté dando falsos. Lo que puede fallar es la cámara, escáneres Cognex, mapeo de rutas.
- Sistema de visión para inspección de etiquetas de discos duros.
- Aplicación para datos manuales para equipo de visión.
- Mantenimiento programado a equipos de visión operativos en línea de producción. Cada semana se deben hacer mantenimiento a ciertos equipos asignados. Se les debe limpiar y, verificar que estén completos y funcionen correctamente, esto realizando una prueba Gold y negativa en el equipo.
- Sistema de seguridad de equipo de plasma. Se implementó con cortinas de luz y un PLC Delta, el programa se hizo con Ladder logic.
- Creación y entrenamiento de puntos de movimiento de un robot Epson C8 para estación automática de ICT. Se apoyó en varias ocasiones para calibrar y volver a entrenar el robot, se aprendió a utilizar la interfaz.
- Diseño de PCB y programación de microcontrolador de tope indicador para robot AGV.
- Replica de equipos de visión para inspección de un motor.
- Estación universal para el dispensado de diferentes tipos de grasas para ensamble de motores.
- Cursos acordes al nuevo puesto de trabajo.

- Estación de inspección visual para todas los modelos de la familia DIN de Crestron. Se implementó con un PLC Click de Automation Direct, Arduino, controladores de motores a pasos, actuadores eléctricos SMC, actuadores neumáticos, cámara Ginie de Teledyne, controlados con una aplicación en C# y comunicados con el PLC con protocolo Modbus RTU.

PROBLEMAS POR RESOLVER PRIORIZÁNDOLOS

No se cuenta con una estación estándar para la prueba de funcionalidad del dispositivo P450, y no se cumplen con los requerimientos de productividad y calidad que el cliente demanda de Jabil. Por lo que, es necesario el desarrollo de una estación FVT para el dispositivo P450 que logre aportar la demanda en términos de calidad y productividad.

El desarrollo e implementación de la nueva estación, implica la integración de elementos neumáticos, eléctricos, electrónicos, instrumentos de medición y software de control. Se deben elegir los elementos con cuidado, que en conjunto trabajen de forma eficiente y segura para el operador. El software debe de ser capaz de comunicarse con todos los elementos de hardware del sistema: sensores, actuadores e instrumentos, y el DUT.

Lo primordial es el conocimiento del dispositivo y sus características, en seguida se deben conocer las pruebas que se realizaran sobre el mismo. De esta manera, se tendrá una idea clara del nivel de complejidad del sistema, así como que parte del mismo presentará un mayor desafío.

ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

En el Capítulo I, se abordaron las ideas generales del proyecto, sus objetivos e hipótesis.

En el Capítulo II se hace una revisión de la literatura, donde se revisan de manera concisa los fundamentos teóricos de la integración de pruebas funcionales automatizadas.

El Capítulo III está dedicado a la revisión del estado del arte en el desarrollo de sistemas de pruebas automatizado, se describen sistemas basados en instrumentación modular, específicamente el sistema PXI.

En el Capítulo IV se presenta la metodología del proyecto, los fundamentos técnicos de la estación, así como los diagramas y esquemas generados para la implementación de la estación automatizada.

En el Capítulo V se describen y analizan los resultados obtenidos, si fueron satisfactorios y que medida se lograron los objetivos del proyecto. En el mismo apartado se hacen recomendaciones sobre la preparación técnica para la carrera en Ingeniería electrónica en el Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán. La sección de Trabajos Futuros presenta ideas y métodos con el fin de mejorar apartados técnicos y de desempeño de la estación. Se enlista las experiencias y competencias profesionales adquiridas durante la realización del proyecto. Por último, una conclusión general, que sintetiza las aportaciones del proyecto a la empresa, y de manera personal.

En la sección Glosario de Términos se definen los términos técnicos utilizados durante todo el informe.

Al final del informe se presentan las fuentes información utilizadas, entre ellos libros de referencia de la materia y manuales técnicos de los instrumentos y dispositivos utilizados.

En la sección de Anexos se agregan diagramas eléctricos que complementan los presentados en el Capítulo IV, debido a la simetría para los nidos izquierdo y derecho la estación.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

La automatización industrial es el uso de tecnologías para el control y monitoreo de procesos industriales, aparatos, dispositivos o máquinas, que por regla general son funciones repetitivas haciendo que funcionen automáticamente reduciendo al máximo la intervención humana.

Dicho de otro modo, se trata de automatizar las tareas y procesos repetitivos, fatigosos, o molestos y dejar que sean las máquinas quienes los hagan. Esto reduce el empleo de personas por ejemplo en ambientes contaminantes, reduce el estrés y la fatiga de los operarios y permite que las personas se ocupen de tareas con más alta cualificación.

Lo cierto es que la automatización de procesos también busca mejorar los tiempos de ciclo de producción de un producto, permitiendo producir más en menor tiempo, con menos errores y de manera repetitiva, garantizando la uniformidad en la calidad del producto final de un lote a otro.

PRUEBAS FUNCIONALES

En la manufactura hay dos principales áreas de prueba, la llamada prueba estructural y la prueba funcional. Los equipos de prueba estructural están justo después de los procesos de ensamble del PCBA (Printed Circuit Board). Por otro lado, el proceso de prueba Funcional se lleva a cabo después que el PCBA está completamente ensamblado e incluso puede tener su carcasa protectora. Típicamente, estos equipos, son llamados Equipos de Fin de Línea (EOLT End Of Line Tester por sus siglas en inglés) ya que después de esta prueba, se empacan para ser enviados al cliente final.

La tarea principal de un equipo de prueba Funcional, es el emular las condiciones más cercanas al ambiente real donde trabajará el producto. El equipo está ensamblado con los siguientes componentes:

- Tarjetas de multiplexión y switcheo de cargas, las cuales nos permiten hacer llegar nuestros recursos del sistema a todos los puntos de conexión de nuestro producto bajo prueba (UUT Unit Under Test por sus siglas en inglés).
- Instrumentos de estímulo y medición

- Computadora de control central que ejecuta una secuencia de pruebas que puede estar escrita en múltiples lenguajes de programación o lenguajes de prueba tales como .NET, C#, LabView, Test Exec de Keysight , TestStand de NI, Jabil test etc.

Estos son algunos instrumentos que se utilizan de manera frecuente en los equipos de prueba funcional: fuentes de alimentación, multímetros, generadores de funciones, osciloscopios, digitalizadores, tarjetas de adquisición, tarjetas de salidas analógicas e interfaces de comunicación de múltiples protocolos tales como CAN, LIN, J1850, RS-485 entre otros.

SISTEMAS NEUMÁTICOS

Los sistemas de movimiento y control basados en fluidos pueden ser neumáticos, hidráulicos, eléctricos y mecánicos. Los sistemas de área comprimido (neumáticos) proporcionan un movimiento controlado con el empleo de cilindros y motores neumáticos y se aplican en herramientas, válvulas de control y posicionadores, martillos neumáticos, pistolas para pintar, motores neumáticos, sistemas de empaquetado, elevadores, herramientas de impacto, prensas neumáticas, robots industriales, vibradores, frenos neumáticos, etc.

Las ventajas que presenta el uso de la neumática son el bajo coste de sus componentes, su facilidad de diseño e implementación y el bajo par o fuerza escasa que puede desarrollar a las bajas presiones con que trabaja (típico 6 bar) lo que constituye un factor de seguridad. Otras características favorables son el riesgo nulo de explosión, su conversión fácil al movimiento giratorio, así como al lineal, la posibilidad de transmitir energía a grandes distancias, una construcción y mantenimiento fáciles y la económica en las aplicaciones.

Entre las desventajas figura la imposibilidad de obtener velocidades estables debido a la compresibilidad del aire, los altos costes de la energía neumática y las posibles fugas que reducen el rendimiento.

La neumática precisa de una estación de generación y preparación del aire comprimido formada por un compresor de aire, un depósito, un sistema de preparación del aire (filtro, lubricador y regulador de presión), una red de tuberías para llegar al utilizador y un conjunto de preparación del aire para cada dispositivo neumático individual **Figura 2.1**.

Los sistemas neumáticos se complementan con los eléctricos y electrónicos lo que les permite obtener un alto grado de sofisticación y flexibilidad. Utilizan válvulas solenoide, señales de realimentación de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos de final de carrera.

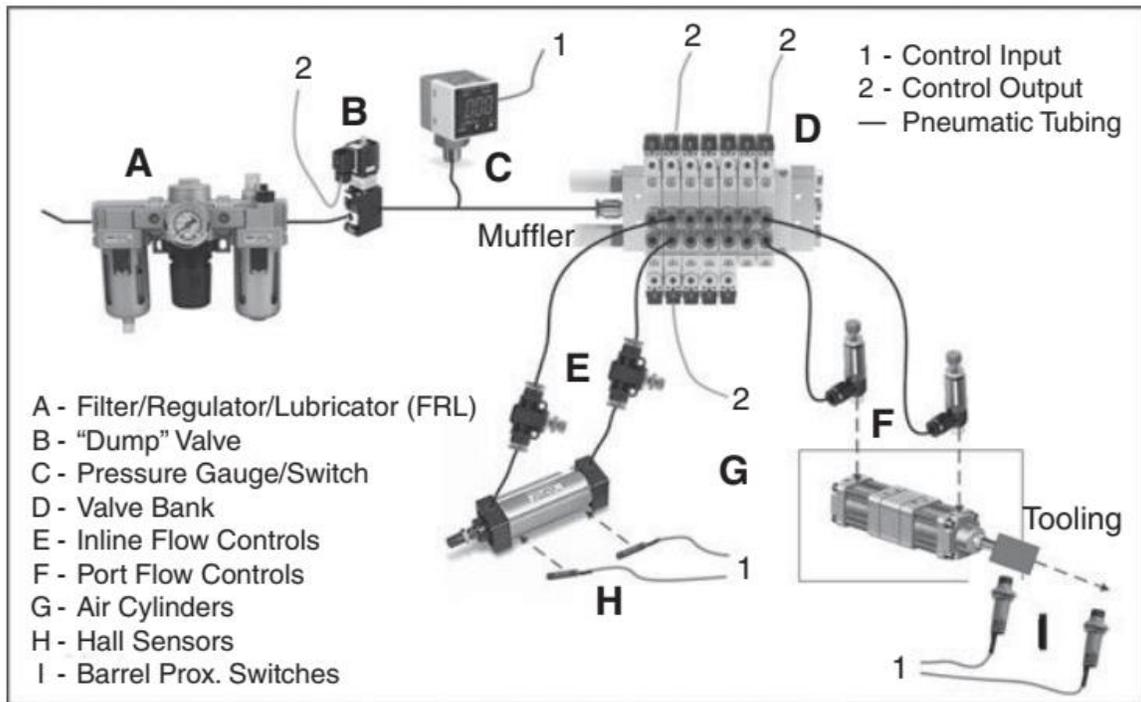


Figura 2.1 Sistema neumático.

ACTUADORES NEUMÁTICOS

Los actuadores neumáticos convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico generando movimiento lineal mediante servomotores de diafragma o cilindros, o bien movimiento giratorio con motores neumáticos.

CILINDRO NEUMÁTICO DE MOVIMIENTO LINEAL

Los cilindros neumáticos de movimiento lineal son utilizados comúnmente en aplicaciones donde la fuerza de empuje del pistón y su desplazamiento son elevados. Entre los mismos se encuentran los cilindros de simple efecto y doble efecto, el cilindro tándem, el de multiposición, el cilindro neumático guiado, el cilindro sin vástago y el cilindro neumático de impacto.

El cilindro neumático consiste en un cilindro cerrado con un pistón en su interior que se desliza y que transmite su movimiento al exterior mediante un vástago **Figura 2**.

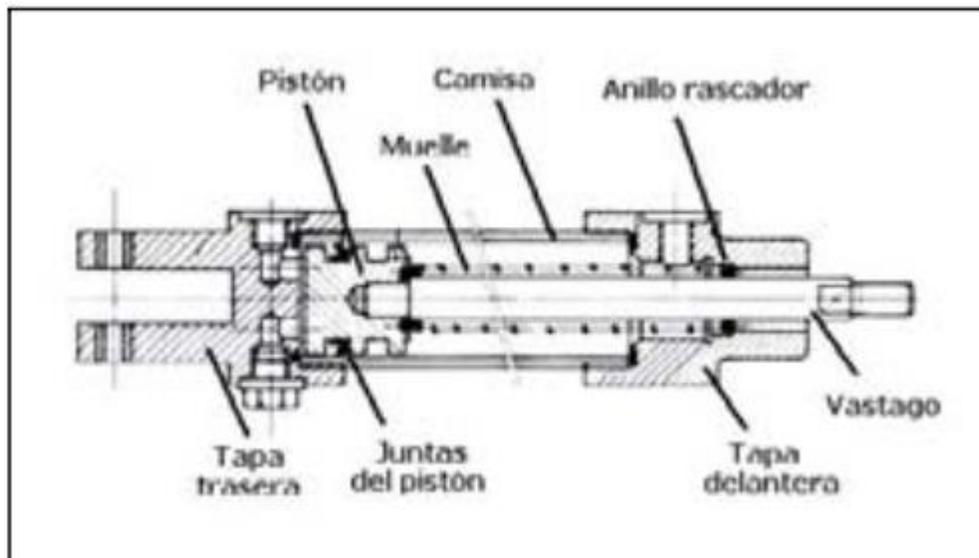


Figura 2.2 Cilindro neumático.

Se compone de las tapas trasera y delantera, de la camisa donde se mueve el pistón, del propio pistón, de las juntas estáticas y dinámicas del pistón y del anillo rascador que limpia el vástago de suciedad.

En el cilindro neumático de doble efecto, el aire a presión entra por el orificio de la cámara trasera y, al llenarla, hace avanzar el vástago, que en su carrera comprime el aire de la cámara delantera que se escapa al exterior a través del correspondiente orificio. En la carrera inversa del vástago se invierte el proceso, penetrando ahora el aire por la cámara delantera y siendo evacuado al exterior por el orificio de la cámara trasera.

El cilindro neumático de simple efecto funciona de forma similar exceptuando que la carrera inversa se efectúa gracias a la acción del muelle.

ADQUISICIÓN DE DATOS

La adquisición de datos (DAQ) es el proceso de medir con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. Un sistema DAQ consiste de sensores, hardware de medidas DAQ y una PC con software programable. Comparados con los sistemas de medidas tradicionales, los sistemas DAQ basados en PC aprovechan la potencia del procesamiento, la productividad, la visualización y las habilidades de conectividad de las PCs estándares en la industria proporcionando una solución de medidas más potente, flexible y rentable (**Figura 2.3**).



Figura 2.3 Sistema de adquisición de datos.

El hardware DAQ actúa como la interfaz entre una PC y señales del mundo exterior. Funciona principalmente como un dispositivo que digitaliza señales analógicas entrantes para que una PC pueda interpretarlas. Los tres componentes clave de un dispositivo DAQ usado para medir una señal son el circuito de acondicionamiento de señales, convertidor analógico-

digital (ADC) y un bus de PC. Varios dispositivos DAQ incluyen otras funciones para automatizar sistemas de medidas y procesos. Por ejemplo, los convertidores digitales-analógicos (DACs) envían señales analógicas, las líneas de E/S digital reciben y envían señales digitales y los contadores/temporizadores cuentan y generan pulsos digitales.

SISTEMAS DE VISIÓN

Según la Asociación de Imágenes Automatizadas (AIA), la visión artificial incluye todas las aplicaciones industriales y no industriales donde una combinación de hardware y software brindan una guía operativa a dispositivos en la ejecución de sus funciones en base a la captura y el procesamiento de imágenes. A pesar de que la visión industrial por computadora utiliza muchos de los mismos algoritmos y enfoques que las aplicaciones académicas-educativas y gubernamentales-militares, sus limitaciones son diferentes.

Los sistemas de visión industrial necesitan mayor solidez, confiabilidad y estabilidad en comparación con un sistema de visión académico/educativo y el costo suele ser mucho menor que el de aplicaciones gubernamentales/militares. Por lo tanto, la visión artificial industrial implica bajos costos, precisión aceptable, alta solidez, gran confiabilidad, al igual que elevada estabilidad mecánica y térmica.

Los sistemas de visión artificial se basan en sensores digitales protegidos dentro de cámaras industriales con ópticas especializadas en adquirir imágenes, para que el hardware y el software puedan procesar, analizar y medir diferentes características para tomar decisiones.

Los sistemas de visión artificial también pueden realizar medidas de objetivo, como determinar el espacio de una bujía o brindar información de ubicación que guía a un robot para alinear piezas en un proceso de fabricación.

JABIL TEST

Jabil test, es una plataforma para automatizar pruebas, que se desarrolló dentro de Jabil, como reemplazo de herramientas privadas, dividido al costo de licencia y entrenamiento de estas últimas. Presenta el paradigma de programación estructurada, y orientada a funciones, lo que más se destaca de Jabil test es su gran cantidad de librerías, para la mayoría de los

instrumentos, dispositivos, y algoritmos que se utilizan a nivel industrial. Permite comunicarse por medio de la mayoría de protocolos industriales. Por lo que, rápidamente se aprende a utilizarlo, además, todas sus librerías y funciones estas bastante documentas, cada una con ejemplos y la descripción de sus parámetros al detalle. Para estaciones más complejas, Jabil test permite correr multitud de celdas en paralelo, compartiendo los recursos de manera inteligente y óptima.

Jabil test, por lo tanto, es la alternativa de Jabil para TestStand, LabView y similares, los mencionados son los referentes en el área de desarrollo de pruebas e instrumentación a nivel industrial.

A pesar de todo lo anterior, Jabil test tiene algunas desventajas, la principal es que realmente no sabes que pasa internamente al ejecutarse el código, ya que se basa en llamar funciones ya creadas, por lo que, se pueden presentar problemas y error de ejecuciones inesperados y muy difíciles de corregir. Debido que se orienta al paradigma de programación estructurada basada mucho en GOTO el script resultante puede llegar a ser muy difícil de seguir y leer.

DISPOSITIVO P450

Según la información oficial en la página de Landi Gyr, el dispositivo P450, tiene como objetivo el área de la domótica, ya que permite monitorear el uso de energía en un edificio, se menciona que es un dispositivo inteligente y configurable (**Figura 2.4**).



Figura 2.4 P450 In Home Energy Monitor.

CAPITULO III ESTADO DEL ARTE

EQUIPO DE INSTRUMENTACIÓN

Cuando se construyen sistemas de pruebas automatizadas, las herramientas primarias a disposición vienen en forma de instrumentos de medición. Estos instrumentos pueden incluir elementos muy conocidos como multímetros digitales (DMMs), osciloscopios, generadores de onda y una gran variedad de instrumentos para aplicaciones específicas. Para la selección de la instrumentación, es necesario conocer a profundidad los siguientes puntos:

- Los requerimientos técnicos de medición del dispositivo bajo prueba (DUT).
- Especificaciones clave del instrumento que influirán en la aplicación.
- Categorías de instrumentación disponibles y sus beneficios en capacidades, tamaño, precio, etc.
- Diferencias matizadas entre modelos de productos dentro de una categoría de instrumentos dada.

Elegir la herramienta correcta para la aplicación no es tan sencillo como podría pensarse, especialmente cuando se evalúan las ventajas y desventajas en juego al elegir una herramienta.

INSTRUMENTACIÓN MODULAR: SISTEMAS PXI

PXI es una plataforma robusta basada en PC para sistemas de medidas y automatización. PXI combina características eléctricas del bus PCI con el paquete robusto y modular Eurocard de CompactPCI y añade buses de sincronización especializada y características clave de software. PXI es una plataforma de implementación de alto rendimiento y bajo costo para sistemas de medidas y automatización. Esos sistemas son útiles para aplicaciones tales como monitoreo de máquinas, militares, aeroespaciales y automotrices; y para pruebas de manufactura e industriales.

Desarrollado en 1997 y lanzado en 1998, PXI se instauró como un estándar abierto en la industria para cubrir las demandas crecientes de los sistemas de instrumentación complejos. Hoy en día, PXI está supervisada por la PXI Systems Alliance (PXISA), un grupo de más de 70 compañías contratadas para promocionar el estándar PXI, asegurar su interoperabilidad y mantener la especificación PXI.

Los sistemas PXI están compuestos de tres componentes básicos: chasis, controlador y módulos periféricos (**Figura 3.1**).

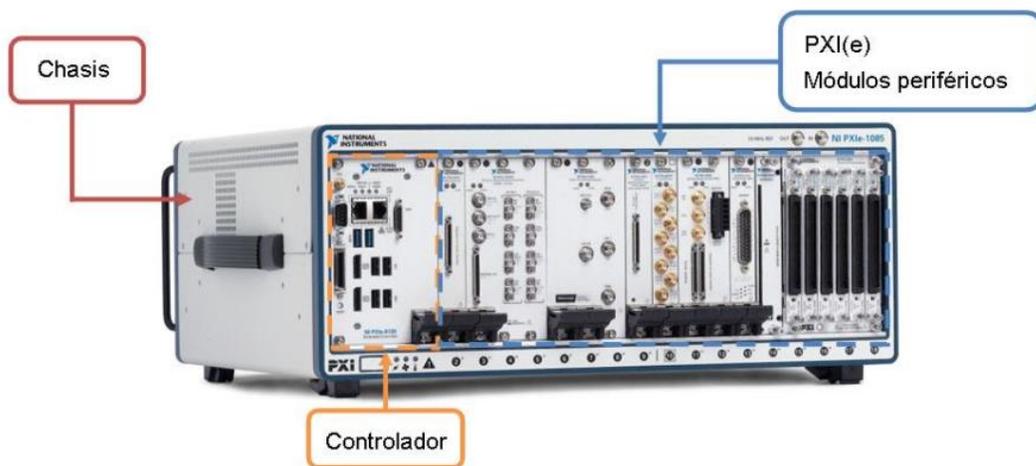


Figura 3.1 Elementos de un Sistema PXI

CHASIS

El chasis PXI es la columna vertebral de un sistema PXI. Ofrece alimentación, enfriamiento y los buses de comunicación de PCI y PCI Express para el controlador y módulos PXI. Están disponibles en una variedad de configuración como poco ruido, alta temperatura y poca o gran cantidad de ranuras. También ofrecen una variedad de tipos de ranuras del módulo de E/S y periféricos integrados, tales como pantallas LCD y más.

Una de las ventajas clave de un sistema PXI es la temporización y sincronización. Un chasis PXI incorpora un reloj de referencia dedicado de 10 MHz, bus de disparo PXI, bus de disparo en estrella y bus local entre ranuras para cubrir la necesidad de temporización y sincronización avanzadas. Estas señales de temporización son señales dedicadas que se agregan a la arquitectura de comunicación. El reloj de 10 MHz ubicado dentro del chasis puede exportarse o reemplazarse con una referencia de mayor estabilidad. Esto permite compartir el reloj de 10 MHz de referencia entre varios chasis y otros instrumentos que pueden aceptar una referencia de 10 MHz. Al compartir esta referencia de 10 MHz, los relojes con tasa de muestreo más alta pueden realizar un lazo preciso de fase (PLL) a la referencia estable, lo que mejora la alineación de varios instrumentos. Además del reloj de referencia, PXI provee ocho líneas TTL como un bus de disparo. Esto permite que cualquier módulo del sistema establezca un disparo que puede verse desde cualquier otro módulo. Por último, el bus local brinda una manera de establecer comunicación dedicada entre módulos adyacentes.

Partiendo desde las habilidades de PXI, PXI Express proporciona las características adicionales de temporización y sincronización de un reloj de 100 MHz, señalización diferencial y disparos diferenciales en estrella. Al utilizar temporización y sincronización diferencial, los sistemas PXI Express se benefician de la alta inmunidad contra ruido para relojes de instrumentación y de la habilidad de transmitir a velocidades de alta frecuencia. El chasis de PXI Express brinda estas capacidades más avanzadas de temporización y sincronización además de toda la señalización estándar de temporización y sincronización PXI.

CONTROLADOR

Todos los chasis PXI contienen una ranura para el controlador del sistema ubicado en el extremo izquierdo del chasis. Las opciones del controlador incluyen controladores remotos desde una PC de escritorio, estación de trabajo, servidor o PC portátil, así como controladores embebidos de alto rendimiento con un SO Microsoft (Windows 7/Vista/XP) o un SO en tiempo real (NI LabVIEW Real-Time).

MÓDULOS

National Instruments ofrece más de 300 módulos PXI diferentes. Como PXI es un estándar abierto en la industria, hay casi 1500 módulos disponibles de más de 70 proveedores de instrumentos diferentes. Algunos de los tipos de modulo estándar se encuentran los siguientes:

- Entrada y salida analógica.
- Entrada y salida digital.
- Procesamiento digital de señales.
- Pruebas y diagnósticos funcionales.
- Adquisición de imágenes.
- Instrumentos.
- Control de movimiento.
- Fuentes de alimentación.
- Conmutación.

SOFTWARE

El desarrollo y la operación de un sistema PXI o PXI Express basado en Windows no es muy diferente del de una PC estándar. Por lo tanto, no se tiene que reescribir el software de aplicación existente o aprender nuevas técnicas de programación al cambiar entre sistemas basados en PC y basados en PXI. Los ingenieros que escogen PXI pueden reducir su tiempo

de desarrollo y automatizar rápidamente sus instrumentos usando NI LabVIEW, un lenguaje intuitivo de programación gráfica que es un estándar en la industria para pruebas, o LabWindows/CVI para desarrollo basado en texto. También se pueden usar otros lenguajes de programación como Visual Studio.NET, Visual Basic, C/C++ y C#. Además, los controladores PXI pueden ejecutar aplicaciones desarrolladas con software de administración de pruebas como NI TestStand. Finalmente, en la **Figura 3.2** se muestra la arquitectura PXI completa cuando considerando el rol del software



Figura 3.2 Arquitectura completa de un sistema PXI

CAPITULO IV INFORME TÉCNICO

MÉTODOS

Para lograr la integración de un sistema automático que realiza la prueba de funcionalidad del dispositivo P450, se realizaron las siguientes actividades.

1. Investigación documental
 - a. En esta etapa se analizó la petición del cliente, de la cual se realizó una investigación en fuentes estandarizadas de automatización, que definieron que elementos son los adecuados y necesarios para lograr con las especificaciones de diseño y desempeño que requiere el cliente, y con presupuesto dado. El sistema en general se definió de la siguiente manera: una interfaz de software para la ejecución de la prueba, actuadores neumáticos, tarjeta de adquisición de datos, tarjeta relevadores, sensores de fin de carrera, sensores táctiles capacitivos, cámaras IDS Teledyne, y un multímetro digital.
2. Ingeniería básica
 - a. Filosofía de operación.
 - b. Arquitectura de control.
 - c. Definición de entradas y salidas del sistema.
 - d. Definición de interfaces de comunicación del sistema.
3. Ingeniería de detalle
 - a. Lista de equipos.
 - b. Diseño de algoritmo de los algoritmos de la prueba.
 - c. Diagrama general del sistema.
 - d. Diseño de diagramas eléctricos y neumáticos.
4. Construcción
 - a. Instalación de los equipos e instrumentos.
 - b. Instalación del software y drives requeridos.
 - c. Instalación de sensores y actuadores.

- d. Desarrollo del software de automatización en Jabil test.
 - i. Definición de los algoritmos para realizar cada prueba.
 - e. Cableado eléctrico y neumático.
5. Pruebas
- a. Pruebas Gold y negativas.
 - b. Ajuste de parámetros según el resultado de las pruebas.
 - c. Prueba con 100 unidades SAMPLE del cliente.
6. Puesta en operación
- a. Realización de estudio R&R para validación del equipo.
7. Informe técnico.

FILOSOFÍA DE OPERACIÓN

La prueba de unidad P450 consiste, en escanear un número de serie asignado en ensamble, colocar la unidad con el fixture de las baterías en el fixture para la prueba, luego el operador debe colocar sus dedos en los sensores capacitivos táctiles. Después de terminar la prueba de manera automática, se imprimen dos etiquetas con nuevo número de serie y MAC asignados. En pantalla se mostrará si la unidad paso o fallo la prueba, y se mostrara en que parte de la prueba es que fallo. Cuando se ingresa uno unidad en un nido, se puede ingresar enseguida en el otro nido, permitiendo realizar la prueba en paralelo.

FILOSOFÍA DE CONTROL

El script principal de control se hizo en la plataforma de Jabil test, que corre en la computadora central, esta se comunica con la tarjeta de adquisición de datos, con el multímetro digital, con ambas cámaras IDS, con DUT y con una unidad Golden que siempre está conectada al equipo. Cada paso de la prueba requiere de algunos de estos recursos para su realización, sensores y actuadores con contralados mediante salidas y entradas de la tarjeta de adquisición de datos, los resultados de la prueba de visión son realizados con la librería de OpenCV integrada en Jabil test, las mediciones de corriente y voltaje de la unidad mediante la comunicación serial con el multímetro digital, y las pruebas de radio frecuencia (RF) se realizan en referencia con la unidad Golden. Se asignan números de serie de acuerdo a una base de datos, se plasman los resultados (Logs) en un archivo de texto (.txt) que resume todas las pruebas de la unidad y sus resultados específicos y el general.

ARQUITECTURA DE CONTROL

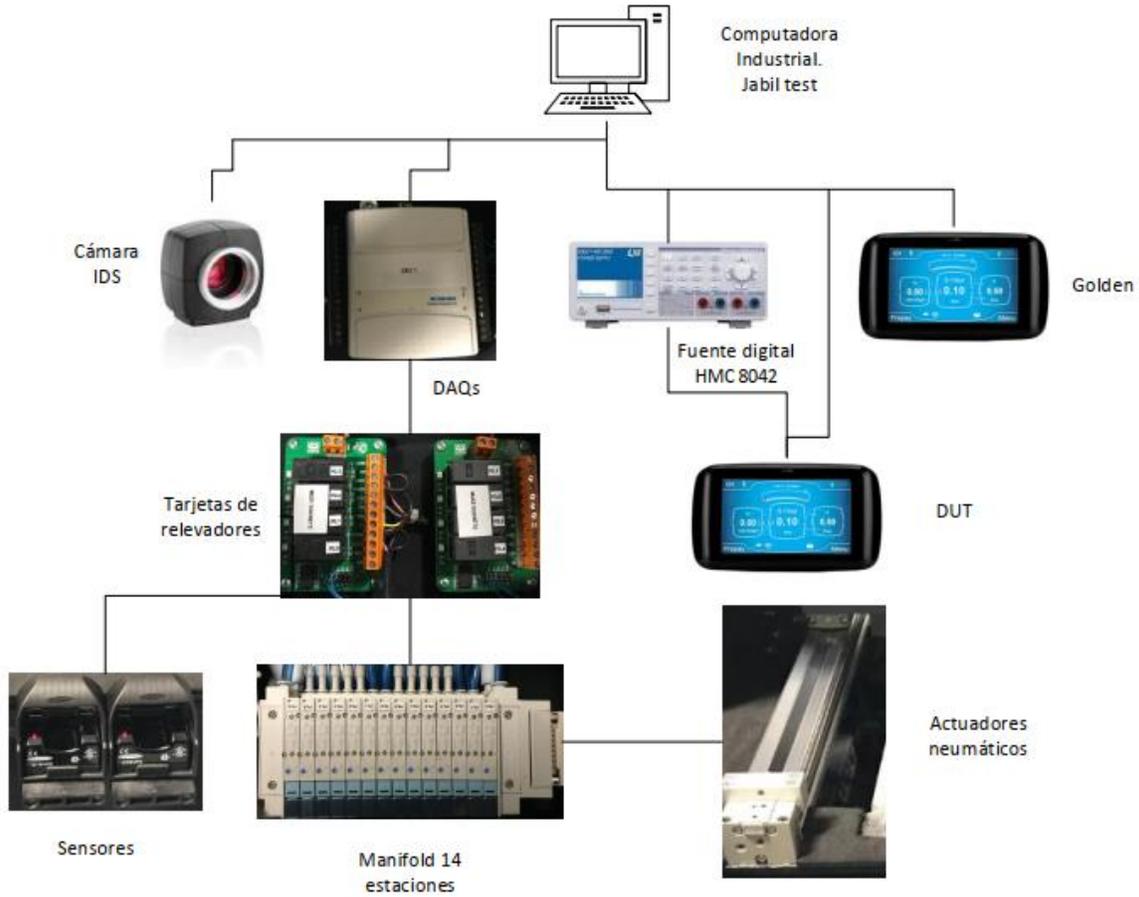


Figura 4.1 La arquitectura de control.

LISTA DE EQUIPOS

Tabla I Lista de equipos y dispositivos utilizados.

Nombre del equipo	Descripción	Cantidad
Computadora industrial	Jabil test, NIDAQmx.	1
Fuente digital	De dos canales, con función de multímetro.	1
DAQ	NI USB-6501	2
Tarjetas de relevadores	Para la interfaz con las DAQs, cuatro con 4 relevadores cada uno, y una con 6 relevadores.	5

Manifold	QC1000, 14 estaciones, conexión D-sub.	1
Cilindro neumático de simple efecto	Para la prueba táctil, de 1 pulgada	10
Cilindro neumático de doble efecto	Para la posición de la unidad, y el posicionamiento de los actuadores para la prueba táctil.	4
Regulador de presión	Presión uniforme al sistema.	1
Fuente de voltaje de 24 VDC	Delta, 3.2 A	1
Fuente de voltaje de 12 VDC	Delta, 1.5 A.	1
Fusibles de protección	2 A.	4
Monitor	Display, 19 pulgadas	1
Camara IDS	5 mgp.	2
Teclado	Interacción con la PC y la prueba.	1
Raton	Interacción con la PC y la prueba.	1
Impresora Zebra	Para imprimir etiquetas con el número de serie y MAC de la unidad.	2
Sensores de posición	Para saber dónde se encuentra la unidad.	4
Sensores capacitivos táctiles de activación	Para iniciar la prueba.	2

INTERFACES DE COMUNICACIÓN

- Comunicación Serial RS232 con la fuente y multímetro digital.
- Comunicación Serial NI Task con la tarjeta de adquisición de datos
- Comunicación Serail con la camaras IDS.
- Comunicación Serial RS232 con la UTT y la unidad Golden.

ENTRADAS Y SALIDAS DEL SISTEMA

Tabla II Entradas y salidas del sistema.

Entradas	Salidas
4 sensores capacitivos táctiles de activación. 4 sensores de posición	14 electroválvulas que activan los actuadores neumáticos

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

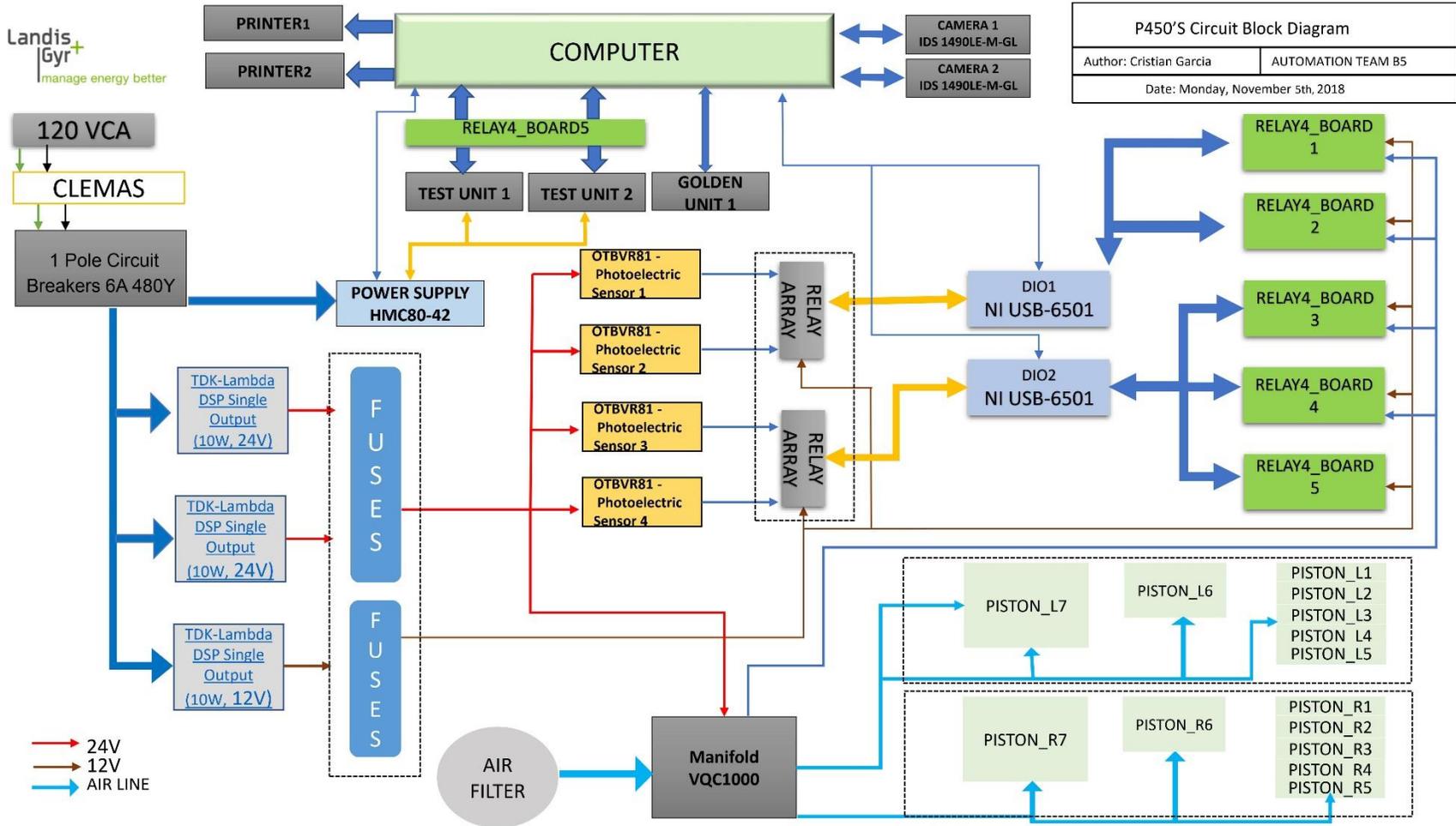


Figura 4.2 Diagrama de bloques del sistema FVT para el dispositivo P450.

DISEÑO DEL CONTROL ELECTRO Y NEUMÁTICO DEL SISTEMA

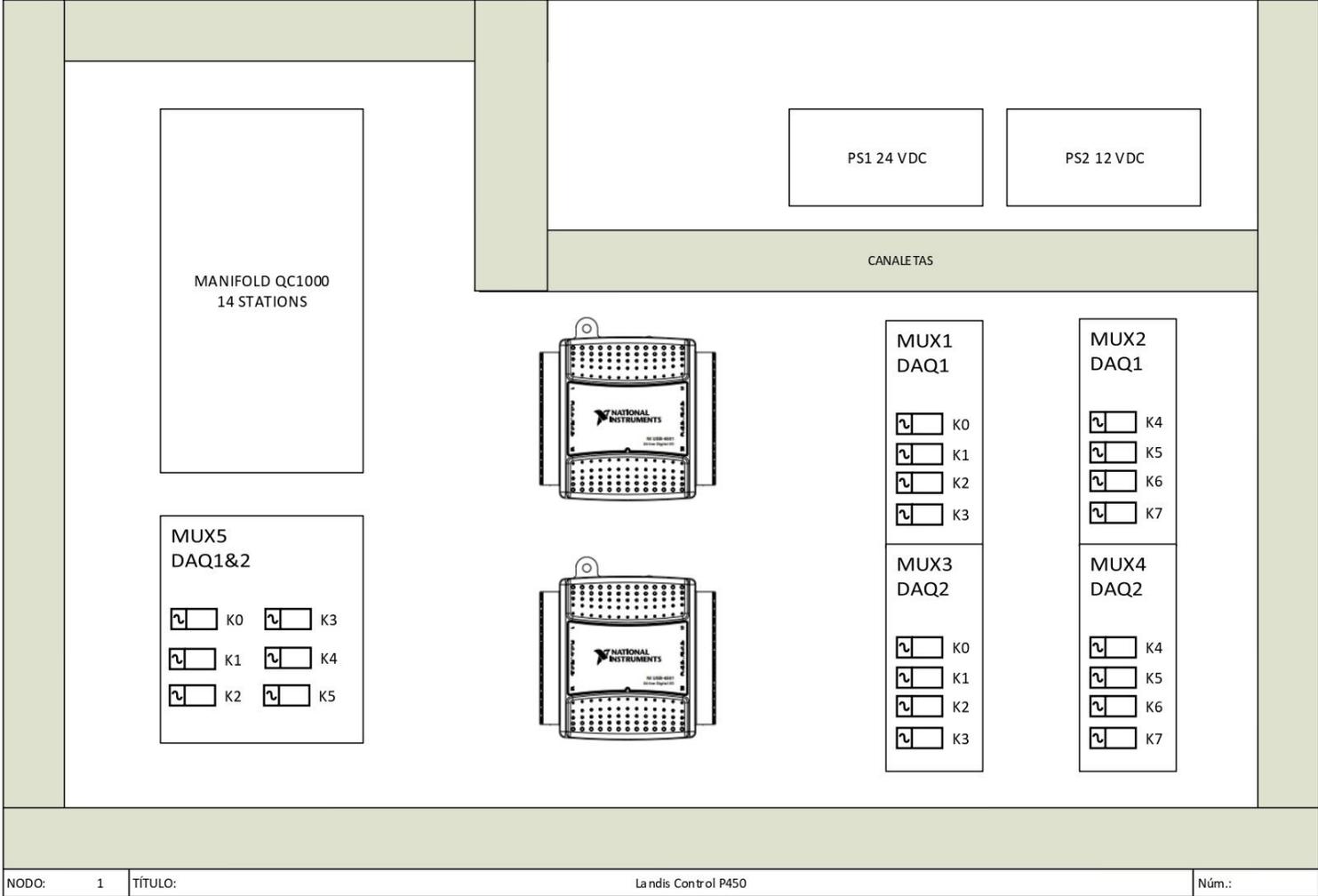


Figura 4.3 Diseño del cuadro eléctrico y neumático de control.

DIAGRAMA ELÉCTRICO DE LAS FUENTES DE POTENCIA DEL SISTEMA

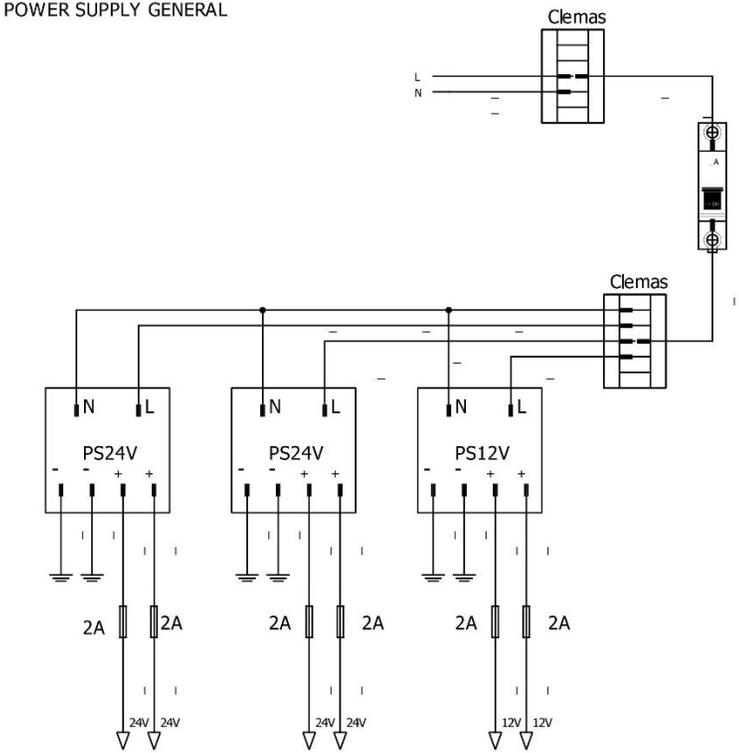


Figura 4.4 Esquemático de la fuentes de alimentación del sistema.

DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN DE LAS DAQS NI USB-6501

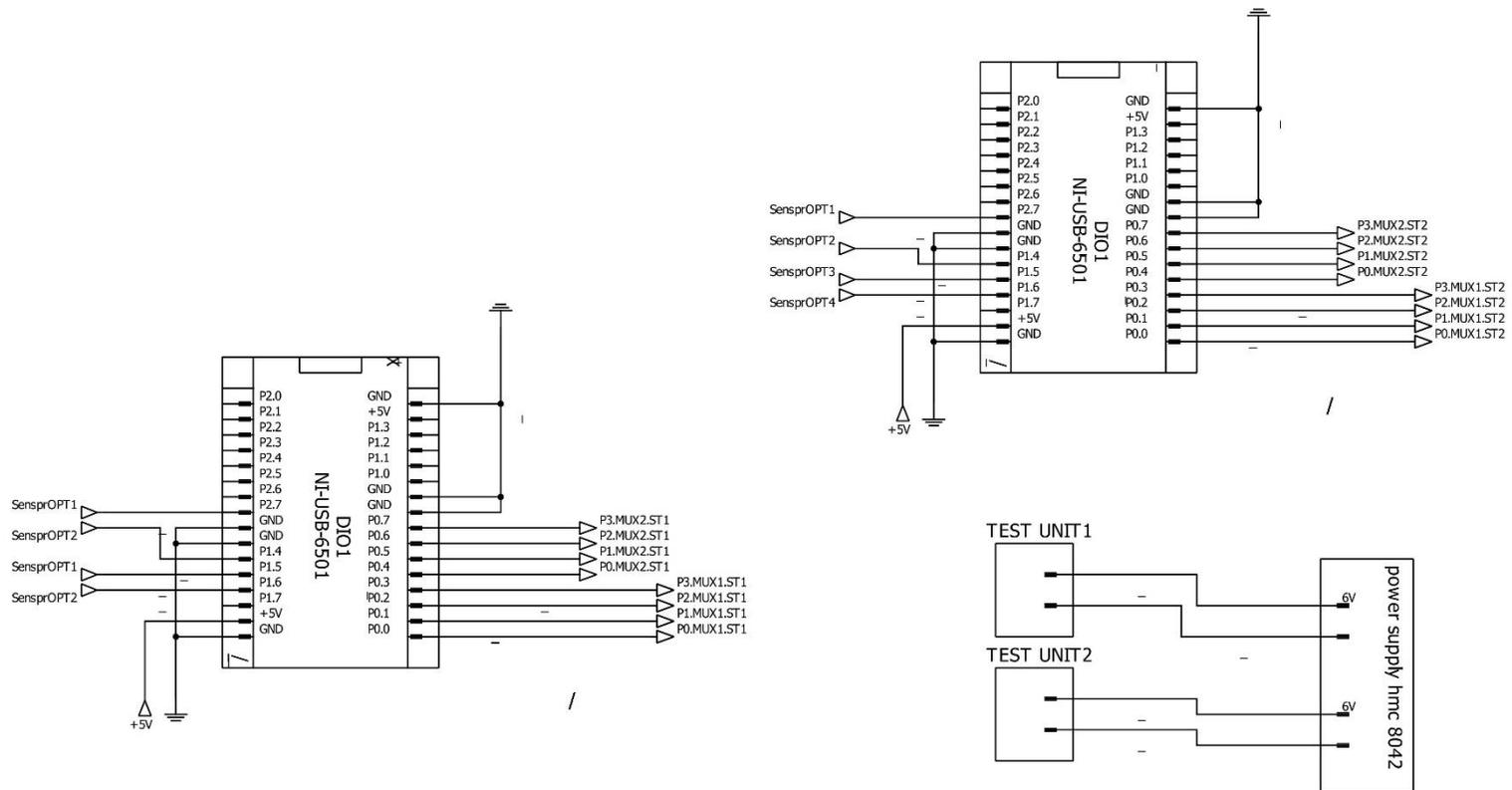


Figura 4.5 Esquemático de onexión de ambas DAQs.

DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN DE UN SOLO NIDO

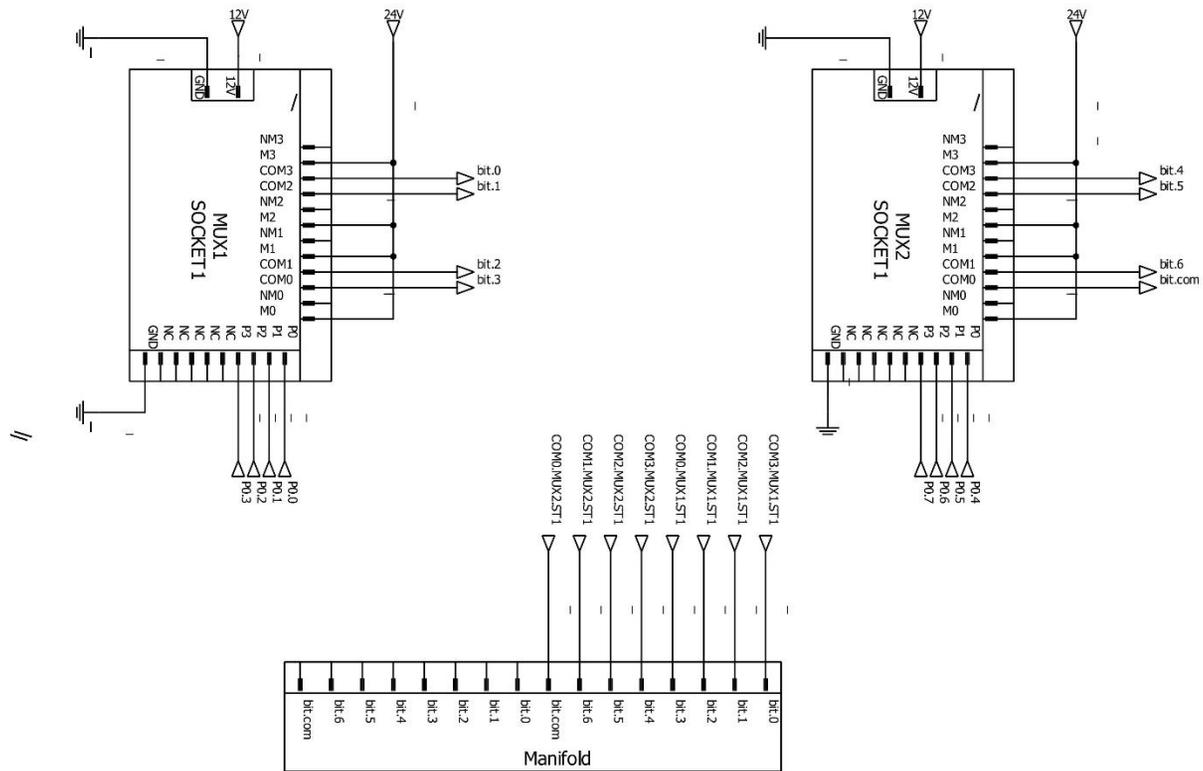


Figura 4.6 Esquemático de conexión de las tarjetas de relevadores con manifold, para un nido.

ALGORITMO DE LA PRUEBA FVT

El programa de control de la prueba (FVT), se implementó en Jabil test. La programación en Jabil test es sencilla y rápida, es estructurada y basada en funciones; además cuenta con una gran cantidad de librerías para diversos instrumentos, así como para el procesamiento de señales. Lo importante realmente es el algoritmo de la prueba, que se puede implementar en cualquier lenguaje de programación. En la **Figura 4.7** se muestra el diagrama de flujo del algoritmo que muestra la secuencia de pruebas que se hacen al dispositivo

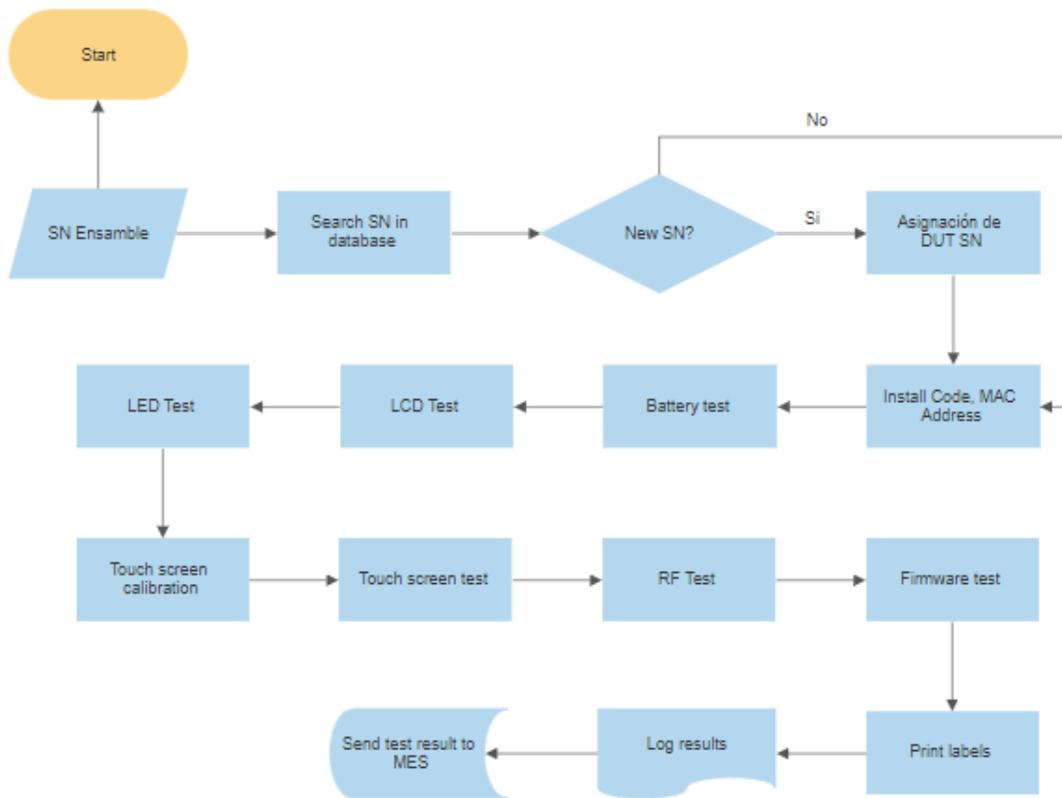


Figura 4.7 Algoritmo principal de FVT para el dispositivo táctil P450.

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

Para las conexiones del manifold se utilizó el puerto cero (P0) de cada DAQ, P0.0 es el cilindro de posición de la unidad, P0.1 es el cilindro que coloca los actuadores para la prueba táctil. Las salidas del P0.2 al P0.6 son los cilindros para la prueba táctil. Cabe destacar que los cilindros neumáticos de P0.0 y P0.1 son de doble efecto. En la **Figura 4.8**, se muestra el manifold etiquetado para cada salida neumática, se pueden apreciar con detalle las conexiones neumáticas de cada actuador.



Figura 4.8 Manifold y conexiones.

La cámara utilizada es de 5 megapíxeles, y es una cámara “tonta”, es decir que solamente toma la foto, el procesamiento de la imagen para las pruebas se hacen con la librería de OpenCV en Jabil test. En la **Figura 4.9**, se presenta la cámara del nido de la izquierda, se conecta mediante un cable USB a la computadora de control.



Figura 4.9 Cámara IDS de Infaimon.

Los actuadores para la prueba de la pantalla táctil se muestran en la **Figura 4.10**. Además, se puede observar la unidad Golden conectada por USB, esta unidad es necesaria para las pruebas de radio frecuencia.



Figura 4.10 Actuadores neumáticos para la prueba táctil, unidad Golden.

El fixture diseñado y fabricado para la estación se observa en la **Figura 4.11**.

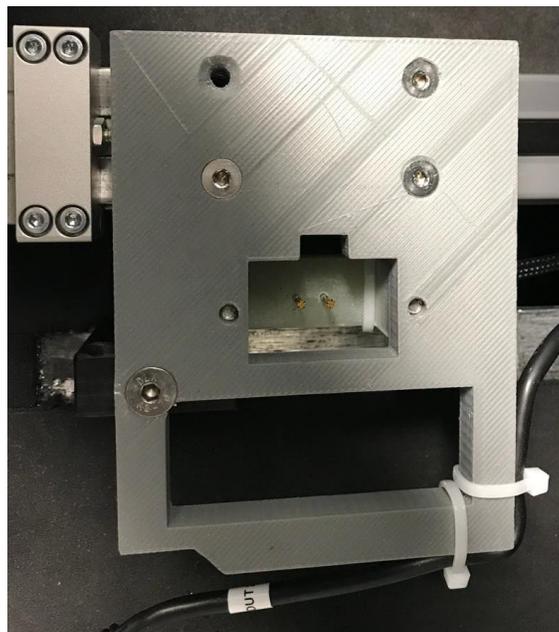


Figura 4.11 Fixture para colocar DUT.

El Regulador de presión de coloco a 0.2 MPa, se realizaron diversas pruebas y ese valor fue con el que mejor funciono todo el sistema neumático (**Figura 4.12**).



Figura 4.12 Regulador de presión.

Un elemento importante para la prueba de corriente del dispositivo P450, es el paquete de baterías realizado con impresión 3D, cuenta con dos puntos de alimentación y en los extremos otros puntos que alimentan el dispositivo como si fueran las cuatro baterías. Este elemento se muestra en la **Figura 4.13**.



Figura 4.13 Fixture para la prueba de corriente de DUT.

En la **Figura 4.14** se muestra el dispositivo P450 correctamente colocado en el fixture, antes de colocarlo en este, se debe insertar el remplazo de las baterías en el dispositivo.

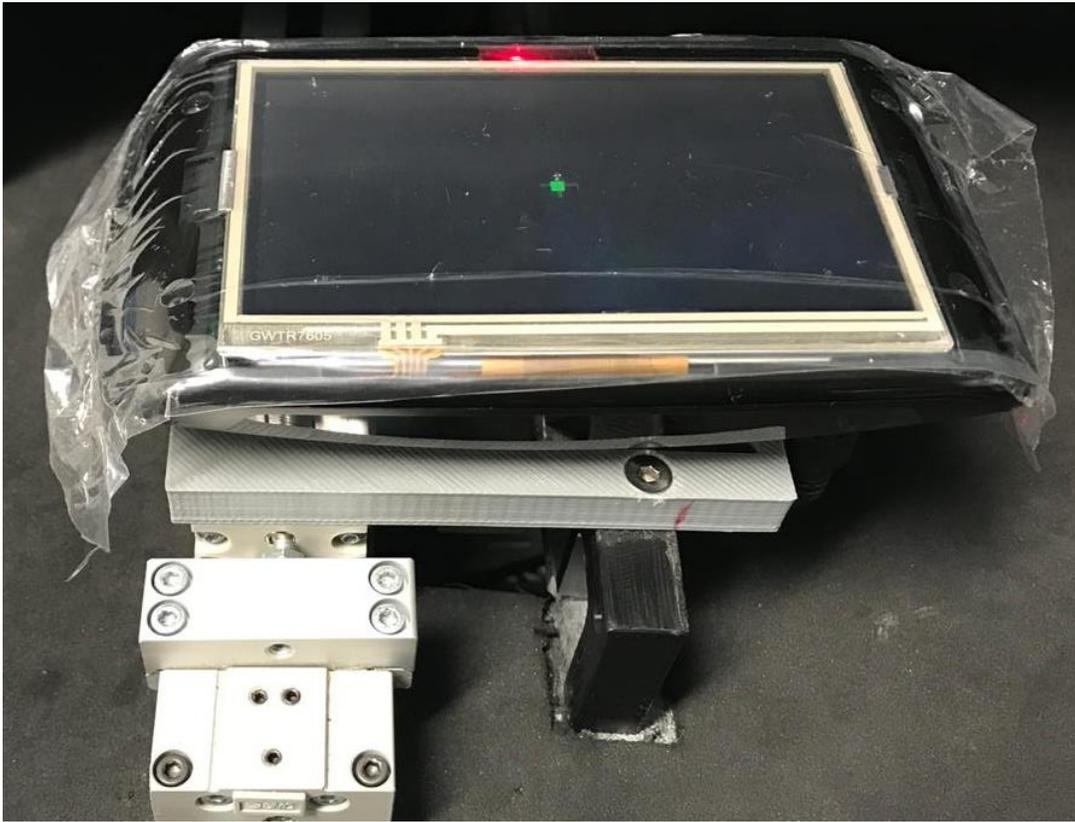


Figura 4.14 DUT colocado en el fixture.

La estación cuenta con teclado y ratón para el operador, y principalmente para el técnico de soporte, ya que el operador hace uso mínimo de estos (**Figura 4.15**).

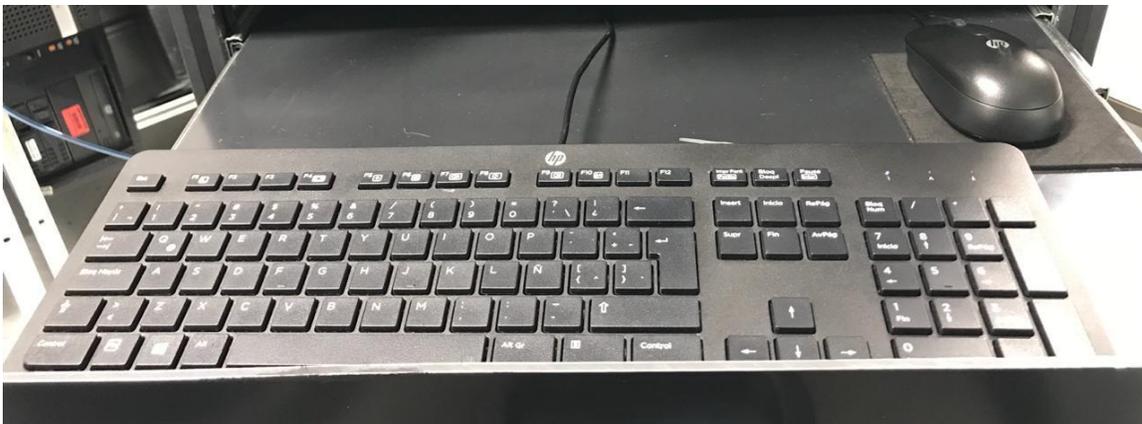


Figura 4.15 Teclado y ratón de la estación.

Todos los equipos e instrumentos, se encuentran conectados a una computadora central, que controla toda la estación y la prueba funcional, por medio de un script en Jabil test (**Figura 4.16**).

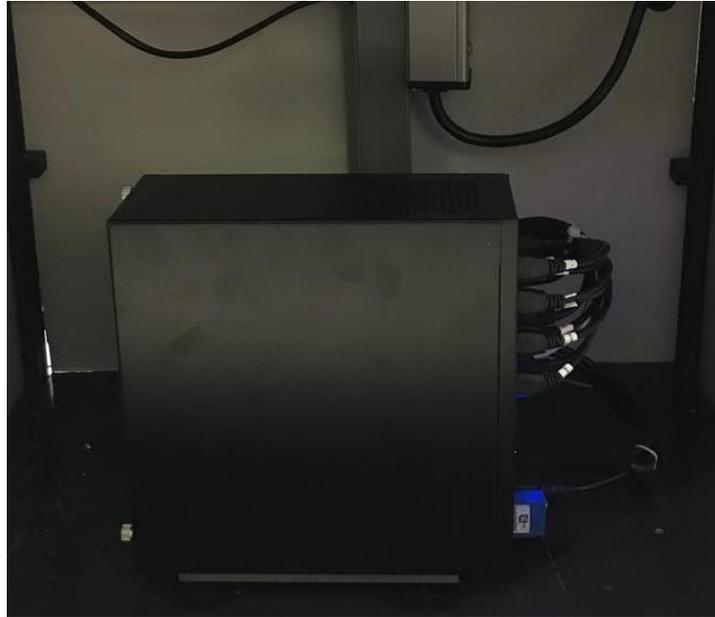


Figura 4.16 Computadora central de control.

Para medir la corriente que consume el dispositivo P450, se utiliza una fuente y multímetro digital de dos canales (**Figura 4.17**), por medio de comunicación serial con el instrumento se controla el voltaje y la función que realiza en un momento dado. El dispositivo P450, necesita 6 VDC para funcionar, y debe tener una corriente de 150 mA a 200 mA. Con la comunicación serial se le dice al instrumento que canal activar, y que parámetros medir, en ese caso solo es la corriente, y la respuesta de la medición se recibe también por el puerto serial.



Figura 4.17 Fuente y multímetro digital.

Por último, cuando el DUT pasa la prueba se imprimen dos etiquetas para el dispositivo y otra para su caja, se utiliza una impresora Zebra (**Figura 4.18**), para el diseño de las etiquetas se utilizó el lenguaje ZPL II de Zebra.



Figura 4.18 Impresora Zebra.

CAPITULO V RESULTADOS

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de la implementación de la estación automatizada para prueba de funcionalidad de dispositivo táctil P450 de Landis, fue exitosa. Se logró cumplir con los requerimientos del cliente. Se validó con estudio de R&R, que consiste en tomar siete unidades al azar de ensamble y probar que pasen tres veces cada una, si alguna falla, se debe ver si es real o falta, si la falla es falsa, se deben ajustar los parámetros de la estación, y se vuelve a iniciar de nuevo hasta que las siete unidades hayan pasado tres veces cada una sin falsos negativos.

La construcción y cableado de la estación fue un proceso lento, ya que se revisaron los manuales de conexión para el manifold, la tarjeta de relevadores y las tarjetas de adquisición de datos (DAQs). En la **Figura 5.1** se observa el resultado de final de dicho proceso, el manifold cuenta con 14 electroválvulas que controlan la activación de los actuadores neumáticos. Siete son para un nido y siete para el otro, una para el cilindro de posicionamiento de la unidad, otra para el cilindro que acerca los actuadores que efectúan la prueba de la pantalla táctil. Los cinco restantes son para los cilindros neumáticos que realizan la prueba táctil. Se observan las dos DAQs, las cinco tarjetas de relevadores funcionan para elevar o bajar de nivel de voltaje de la señal I/O (Input/Output) de las DAQs; sus relevadores funcionan con 12 VDC. A estas tarjetas están conectados los sensores y el bus del manifold. Por último, se observan la fuente de alimentación de voltaje que son de 24 VDC y 12 VDC, siendo esta última solo requerida para los relevadores.

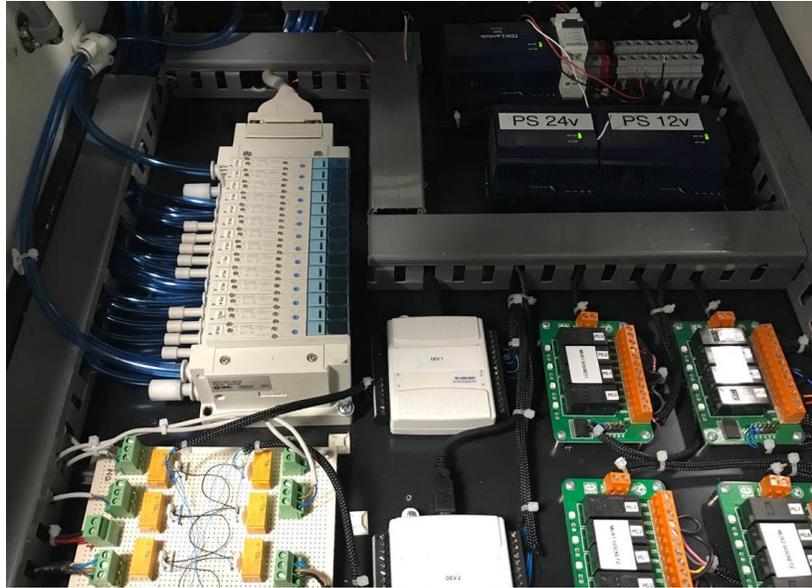


Figura 5.1 Elementos de control DAQs, Manifold, relevadores, fuentes de voltaje.

En la **Figura 5.2**, se observa la parte frontal de la estación, con la cual el operador entra en contacto y puede colocar y retirar las unidades. Se observan los sensores de activación para ambos nidos, el nido de la derecha está en posición para colocar la unidad en el fixture, mientras que el izquierdo está en posición de prueba.



Figura 5.2 Sensores capacitivos táctiles de activación, fixture y cilindros neumáticos de posición.

En la **Figura 5.3** se observa la estación terminada, y lista para integrarse a la línea de producción.



Figura 5.3 Estación para FVT del P450 de Landis.

OBSERVACIONES

- Nunca antes había utilizado una Manifold para estaciones neumáticas.
- Nunca había utilizado una fuente digital por medio de comunicación Serial, aunque estas se encuentran disponibles en nuestra institución.
- Algo muy frecuente en la automatización es la utilización de Camaras industriales como Teledyne, Cognex, Keyence, etc. Fue laborioso aprender a utilizarlas.

RECOMENDACIONES

- En clase de Automatización se deberían abordar los elementos de un sistema neumático moderno, ya que entre ellos son muy frecuentes el uso del manifold.
- En laboratorio y en las practicas, se podría a prender a automatizar las mediciones que hagas con fuentes digitales por medio de su comunicación serial.
- En clase de Automatización se debería agregar temas sobre sistemas de visión industrial, y realizar prácticas sobre ello.

TRABAJOS FUTUROS

1. Para que el software sea más eficiente dejar de utilizar la plataforma de Jabil test y en lugar de ello crear aplicaciones para Windows en Visual Studio como se observó en proyecto posteriores. Ya que es difícil organizar el código en Jabil test y es imposible generar un HMI adecuado para el proceso y el operador.
2. La evaluación de las soluciones con la cámara se puede mejorar si se cambia a una cámara inteligente con software integrado, ya que la utilización de librerías de visión de código libre como OpenCV y semejantes puede llegar a ser inestables en diversos entornos; cuando se presenta un problema es complicado y tedioso encontrar el origen del error, en cambio con las cámaras inteligentes solo es necesario crear las soluciones en un software especializado, para finalmente en la aplicación solo sea necesario llamar esa solución con la aplicación y leer su resultado.
3. En lugar de la tarjeta de adquisición de datos más las tarjetas de relevadores, es mejor utilizar un PLC con entradas y salidas digitales de 24 VDC, se ahorraría espacio en fuentes de voltaje, ya que para las tarjetas de relevadores se necesitó de una fuente de 12 VDC, cuando todos los sensores y actuadores son de 24 VDC. Además, se simplificaría el código de la aplicación para la prueba, ya que las rutinas de los actuadores y sensores se implementarían en el PLC.

EXPERIENCIA PROFESIONAL ADQUIRIDA

1. Se aprendió a utilizar los sensores de fin de carrera, sensores táctiles capacitivos. A programar en Jabil test, a generar etiquetas mediante código ZPL para las impresoras Zebra, a comunicarse por puerto serial con una fuente digital para ajustar las salidas y obtener las lecturas de sus mediciones. Se aprendió a como se conectar y utilizar un manifold para controlar con ello las válvulas electroneumáticas. Además, a cómo utilizar hardware de National Instruments en una plataforma de terceras como Jabil test. A utilizar la librería libra para visión por computadora OpenCV.
2. Programación estructurada con Jabil test.
 - a. Uso de librerías de OpenCV.
 - b. Comunicación serial con multímetro digital y la unidad de prueba.
 - c. Uso de librerías de DAQ para lecturas de sensores y control de actuadores neumáticos.
 - d. Asignación de números de serie con la unidad.
 - e. Generación de logs en archivos de texto.
 - f. Generación de dato para el sistema MES con el resultado de la prueba Pass, Fail o Abort.
 - g. Ejecución de hilos en paralelo, que permite controlar dos nidos de prueba.
 - h. Comunicación TCP/IP con la cámara IDS de Teledyne.
3. Programación ZPL para el diseño de etiquetas en impresoras Zebra.
4. Tarjeta de adquisición de datos de National Instruments.
5. Ruteo y cableado de componentes eléctricos y electrónicos.
6. Investigación en manuales para uso y conexión de dispositivos.
7. Integración de distintos tipos de elementos: software, componentes electrónicos, neumáticos, eléctricos, sensores, cámaras, tarjetas de adquisición de datos, manifold, multímetro digital, computadora de escritorio.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

1. Diseña, analiza y construye equipos y/o sistemas electrónicos para la solución de problemas en el entorno profesional, aplicando normas técnicas y estándares nacionales e internacionales.
2. Crea, innova y transfiere tecnología aplicando métodos y procedimientos en proyectos de ingeniería electrónica, tomando en cuenta el desarrollo sustentable del entorno.
3. Promueve y participa en programas de mejora continua aplicando normas de calidad en toda empresa.
4. Promueve y participa en programas de mejora continua, aplicando normas de calidad para lograr mayor eficiencia en los procesos del ámbito profesional.
5. Planea, organiza, dirige y controla actividades de instalación, actualización, operación y mantenimiento de equipos y/o sistemas electrónicos para la optimización de procesos.
6. Aplica las tecnologías de la información y la comunicación para la gestión de información en la solución de problemas.
7. Colabora en proyectos de investigación para propiciar el desarrollo tecnológico en su entorno.
8. Ejerce la profesión de manera responsable, ética y dentro del marco legal en su vida profesional en beneficio de la sociedad.
9. Expresa sus ideas en forma oral y escrita en el ámbito profesional para comunicarse efectivamente en español y en un idioma extranjero.
10. Asume actitudes emprendedoras, de liderazgo y desarrolla habilidades para la toma de decisiones en su ámbito profesional.
11. Compromete su formación integral permanente para su actualización profesional.
12. Dirige y participa en equipos de trabajo interdisciplinario y multidisciplinario para el desarrollo de proyectos afines a su perfil en contextos nacionales e internacionales.
13. Selecciona y opera equipo de medición y prueba para diagnóstico y análisis de parámetros eléctricos.

14. Resuelve problemas en el sector productivo para la optimización de procesos, mediante la automatización, instrumentación y control.
15. Desarrolla aplicaciones en lenguajes de programación de alto nivel para la solución de problemas relacionados con las diferentes disciplinas en el área.
16. Diseña e implementa interfaces gráficas de usuario para facilitar la interacción entre el ser humano, los equipos y sistemas electrónicos.

CONCLUSIÓN GENERAL

Se lograron y superaron las especificaciones de diseño y rendimiento del equipo solicitadas por el cliente. El desarrollo de estaciones automatizadas requiere de conocimiento y habilidades en diversas áreas, como se observó en el presente proyecto en: electrónica, neumática, programación, protocolos de comunicación, etc. Por lo que se llega a aprender bastante con cada nuevo proyecto, además, cada proyecto nuevo de automatización es diferente en cuanto al proceso y especificaciones, dando lugar a nuevos retos y grandes oportunidades de aprendizaje. Muchos de los conocimientos que he adquirido en la carrera de ingeniería electrónica se aplicaron para el desarrollo del proyecto, conceptos y habilidades que se estudiaron y desarrollaron a lo largo de distintos semestres, se aplicaron en un par de meses, y se aprendió mucho más.

GLOSARIOS DE TÉRMINOS

ADC: Analog to digital converter.

AGV: Automated guided vehicle.

AIA: Asociación de Imágenes Automatizadas.

DAC: Digital to analog converter.

DAQ: Data acquisition hardware.

DUT: Device under test.

EOLT: End Of Line Tester.

FVT: Functional verification test.

HMI: Human machine interface.

ICT: In circuit test.

MAC: Mandatory Access Control.

NI: National Instruments.

PC: Personal computer.

PCB: Printer circuit board.

PCBA: Printer circuit board assembly.

PLC: Programming logic controller.

RFID: Radio frequency identifier

R&R: Reproductivity and Repetibility.

UUT: Unit under test.

VDC: Voltage of direct current.

PCI: Peripheral Component Interconnect

PXI: PCI eXtension for Instrumentation

DMMs: Digital multimeters

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Creus Solé, A. (2007). Neumática e Hidráulica. Gran Vía de les corts Catalanes, España: Marcombo ediciones técnicas.
2. de Silva, C. W. (2016). Sensors and actuators engineering system instrumentation (Second ed.). New York: CRC Press.
3. Lamb, F. (2013). Industrial Automation Hands-On. New York: McGrawHill Education.
4. Ayuda de Jabil test versión 7.34. Solo disponible en la red de Jabil Circuit.
5. Manual de programación ZPL II para impresoras Zebra. Disponible en: <https://www.zebra.com/content/dam/zebra/manuals/printers/common/programming/zpl-zbi2-pm-en.pdf>.
6. Manual de uso para fuente digital HMC 8042. Disponible en: https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_manuals/gb_1/h/hmc804x/HMC804x_UserManual_de_en_04.pdf.
7. Manual de programación para fuente digital HMC 8042. Disponible en: https://assets.tequipment.net/assets/1/26/SCPI_HMC804x_en_v002_20150226.pdf.
8. Manual de operación y uso de DAQ. Disponible en: <http://www.ni.com/pdf/manuals/375267a.pdf>.
9. Manual de uso de cámara uEye. Disponible en: <https://hoplongtech.com/tailieu/ui-5360cp-m-gl>.
10. Manual de uso de dispositivo P450IHEM. Disponible en: <https://usermanual.wiki/Landis-Gyr/P450IHEM/html>.
11. Descripción de Sistemas PXI de National Instruments. Disponible en: <http://www.ni.com/es-mx/shop/pxi.html>

ANEXOS

DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN DEL LAS TARJETAS DE RELEVADORES PARA EL SEGUNDO NIDO

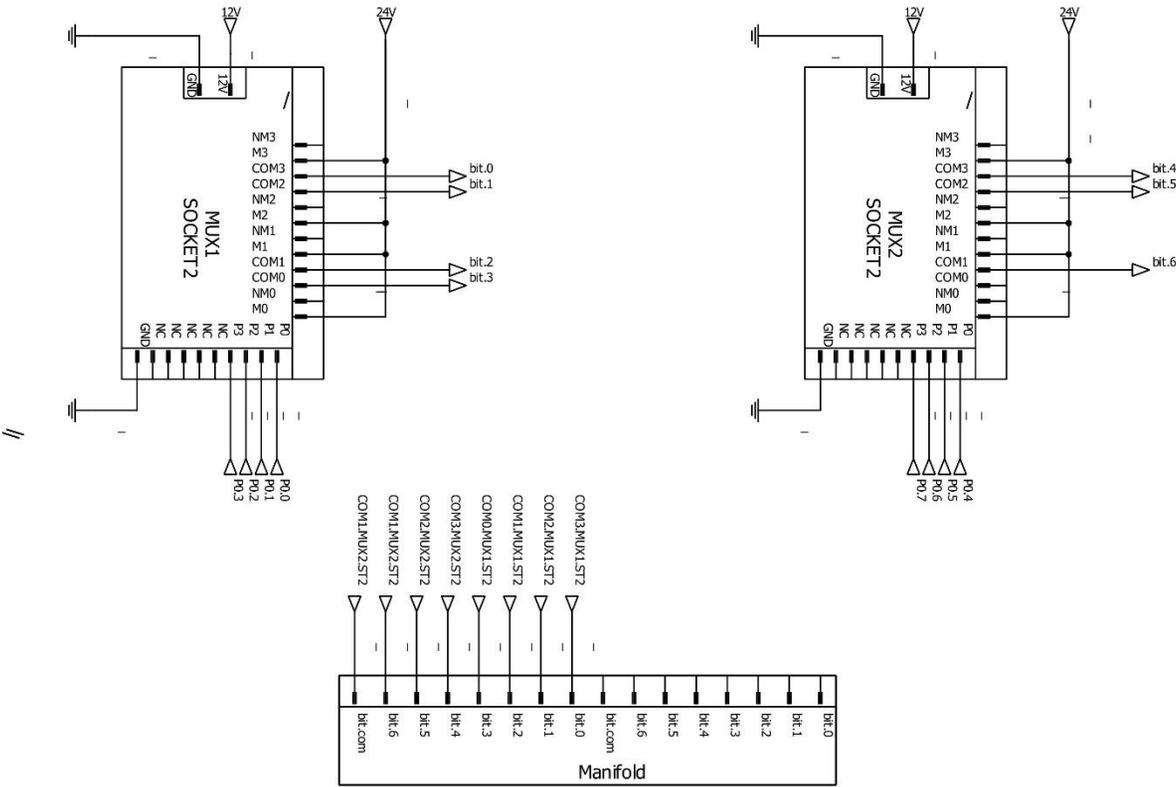


Figura A.1 Esquemático del segundo nido.

DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN DE LAS TARJETAS DE LOS RELEVADORES

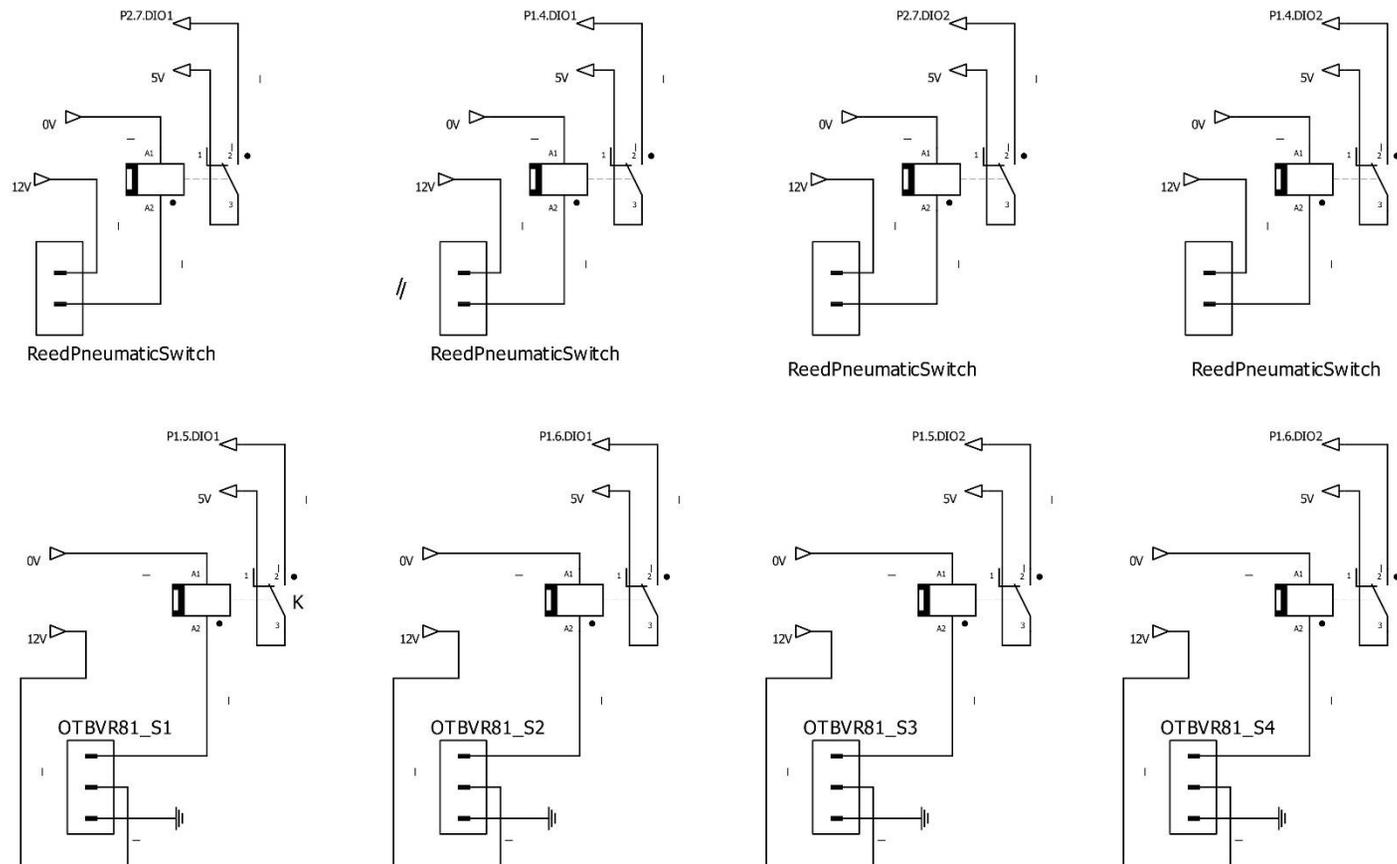


Figura A.2 Esquemático de conexión para relevadores de las tarjetas.

Zapopan Jal 01 de Mayo 2019

ASUNTO:

Carta de usuario

A QUIEN CORRESPONDA

Por medio de la presente se hace constar que el **MIP. José de Jesús García Cortés** participó como ASESOR por parte del Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán en el proyecto denominada: **“Estación automatizada para verificación de funcionalidad de dispositivo táctil P450”** en el periodo comprendido del primero de enero al 1 de mayo de 2019, en dicho proyecto participo el estudiante del programa de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán:

C. Cristian Alejandro Garcia Alonso

No. de Control 14290383

Con el desarrollo del mencionado proyecto la empresa **Jabil Circuit de México S. de R.L. de C.V.** logró los siguientes beneficios:

1. Se trabajo en la colocación, cableado y ruteado del equipo eléctrico y electrónico de la estación.
2. Se realizó la programación de una función para la prueba de corriente del dispositivo al script de Jabil test.
3. Se agrego al script de Jabil test de la estación, funciones para la impresión de etiquetas por medio de programación en ZPL II para una impresora Zebra.
4. Se apoyo con la optimización de la estación, al probar unidades de prueba (SAMPLE), mejorando y corrigiendo los parámetros de la prueba, o corrigiendo errores en el código cuando se presentaron.
5. Se apoyo al dar soporte remoto a la estación solucionando los problemas que se presentaron durante la puesta en línea del equipo.
6. Se apoyo integrando nuevas funciones que fueron solicitadas por el cliente, después de entregar la estación.

Se extiende la presente para los fines legales que al interesado convengan, en la Ciudad de Zapopan, Jalisco a los 29 días del mes de mayo de 2019.


Jabil Circuit de México S de R.L de C.V
Av. Valdepeñas #1993 Lomas de Zapopan
C.P. 45130 Jalisco, México
C.F. 45130 R.F.C. JCM9701315Q6
ING. Armando Israel Orozco Maciel
Automation Design Engineer

JABIL CIRCUIT DE MÉXICO
AV. VALDEPEÑAS NO. 1993
LOMAS DE ZAPOPAN
C.P. 45130 ZAPOPAN
JALISCO, MÉXICO
☎ +52.33.38191300

WWW.JABIL.COM