



TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE COACALCO

Aplicación de la industria 4.0 en un robot colaborativo de la marca ABB

Proyecto de investigación

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO MECATRÓNICO

CON ESPECIALIDAD EN

AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS

P R E S E N T A

RICARDO PÉREZ RODRÍGUEZ
201920677

ARLET CAROLINA HERNÁNDEZ MORALES
201921222

DIRECTOR:

Dr. Ricardo Alejandro Balcazar Montes de Oca

COACALCO DE BERRIOZABAL, a 31 de julio del 2024

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a mi padre Dante Hernández García y mi madre Patricia Morales Hernández ya que sin el apoyo de ellos no hubiera logrado cumplir mis objetivos tanto personales como académicos. Ya que con el cariño de mis padres me han impulsado a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. Siendo ellos el soporte tanto material como económico en mi estancia académica para poder concentrarme en mis estudios durante esta etapa académica.

Siendo ellos el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, acompañándome en mis días y noches más difíciles durante mi estancia dentro de la escuela. Hoy concluyendo mis estudios les dedico este logro amado padres, como una meta más conquistada.

Así como también quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a mi tutor Ricardo Alejandro Balcazar Montes de Oca por su dedicación y paciencia ya que siempre estuvo para escuchar, brindar consejos valiosos, compartir su experiencia laboral y académica a lo largo de su vida y conocimiento con nosotros, lo llevare grabado para siempre en mi memoria para mi futuro profesional, ya que sin el apoyo de mi tutor no hubiera logrado llegar a esta meta tan anhelada.

Por último, agradecer a la casa de Estudios el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, ya que me permitió formarme como ingeniera mecatrónica, exigiéndome cada día dar resultados académicos para poder lograr obtener los conocimientos básicos de nuestra carrera con ayuda de los docentes de la estancia ya que ellos son los que me llevaron a este punto compartiéndome sus conocimientos y corrigiéndome en lo que no comprendía, para poder llegar hasta el final de mi carrera. Agradezco a cada directivo por su trabajo y por su gestión sin lo cual no estarían las bases ni las condiciones para aprender conocimientos.

Arlet Carolina Hernández Morales

Agradecimientos

Agradezco al Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco por permitirme realizar y concluir mis estudios de ingeniería en esta gran institución.

Así mismo al departamento de Ingeniería Mecatrónica y a la jefatura de esta por el apoyo y orientación a lo largo de estos 5 años.

Quiero agradecer a mis abuelos y a mi madre, que me apoyaron, me orientaron por el buen camino para concluir mi carrera profesional como Ingeniero Mecatrónico.

Agradezco a mis profesores que me orientaron.

Agradezco al Dr. Ricardo Balcázar, por siempre motivarnos a ser mejores cada día.

Y sin falta alguna quiero agradecer a mis compañeros y amigos, que hicieron de estos 5 años un ambiente de sana convivencia y por nunca rendirnos en el trayecto de esta gran etapa.

Ricardo Pérez Rodríguez

Resumen

El propósito de este trabajo de tesis consiste en realizar una integración entre la automatización, la robótica y la industria 4.0 el cual involucra diferentes conocimientos en el área de mecatrónica, los cuales van desde el desarrollo de diagramas eléctricos, programación en escalera, comunicaciones industriales, programación de robots industriales y conocimiento de instrumentación electrónica.

Uno de los sensores a utilizar fue el sensor infrarrojo y este consta de una salida de 5v conectándose al brazo robótico más sin embargo el voltaje de la entrada que debe de tener el PLC del robot consta de 24 vcd y para ello se ocupa un relevador de estado sólido, donde los contactos del relevador van hacia las entradas del PLC y se comparte con las entradas del IRS5.

Una de las características importantes en este trabajo es de que se trabajan con diferentes tipos de voltajes los cuales fueron uno para los sensores que trabaja a 5v, otro para la banda con un voltaje de 12 vcd y para poder hacer posible esta conexión de tuvo que realizar un cambio de voltaje hacia la conexión usando un relevador básico.

Dentro este trabajo se llega a ver la programación tipo escalera por medio del software Logo Web Editor, utilizando los tags generando una situación virtual de un HMI (Interface hombre maquina siglas en ingles) y al mismo tiempo generan una activación de manera híbrida (virtual y física).

También se puede observar la programación RAPID el cual es la programación que usa el robot , esta programación es muy similar a lo que es una programación de tipo C , ya que lleva una secuencia , el detalle en este trabajo es que se usan dos robots de usuario a controlador debiendo de programar el brazo izquierdo y el brazo derecho, utilizando una manera más eficiente para colocar ambos brazos en uno los puntos requeridos y realizar la trayectoria que se pide, dejando a un lado la programación tipo Move C y Move L con su instrucción dejando a un lado el cerebro que controla el robot el Joystick.

En el HMI interfaz hombre máquina, se observa la activación de los botones controlando la banda de manera virtual (por medio del programa Logo Web Editor y Factory) y física, tenido que hacer una comunicación de tipo PROFINET el cual es aquel que le permite hacer la comunicación de manera híbrida, y genera la vinculación del PLC y el HMI.

La conexión que se usa en este trabajo es tipo estrella. Logrando cumplir nuestros objetivos por medio de las conexiones y programaciones diseñadas para crear el transporte de

objetos por medio del robot IRB 14000 y sus sensores analizando los diagramas y conexiones básicas de las transformaciones de voltaje desde 24v hasta los 5v de los sensores y llevarlos a las conexiones dentro del PLC del robot y del PLC de la programación.

Índice

Capítulo 1 Introducción	1
Planteamiento del Problema	1
Objetivo General.....	1
Objetivos Particulares	2
Justificación	2
Metodología	3
Capítulo 2.- Estado del Arte	4
Capítulo 3.- Marco Teórico	11
3.1 Robots Manipuladores	11
3.2 IRB 14000 (YUMI)	13
3.3 Instrucciones principales de RAPID.....	15
3.4 Tipos de bandas transportadoras	18
3.5 Tipos de botones.....	20
3.6 Tipos de sensores	22
3.7 Automatización con PLC	25
3.8 Industria 4.0	27
3.9 HMI.....	31
3.10 Relevadores	34
Capítulo 4.- Desarrollo	37
4.1 Desarrollo de diagramas eléctricos	37
4.2 Programación del PLC.....	40
4.3 Programación en Rapid	41
4.3.1 Secuencia de programación del RAPID	42
4.4 Desarrollo del HMI	45
4.5 Comunicaciones industriales	47
4.5.1 Diagramas de REDES de los equipos.....	49

Capítulo 5.- Experimentaciones	51
Conclusiones	58
Trabajos a futuro	60
Referencias Bibliográficas	61
Anexos	64

Índice de figuras

Figura 1.- Robot Manipulador.....	13
Figura 2.- IRB 14000 YUMI.	15
Figura 3.- FlexPendant de un Robot ABB	18
Figura 4.- Banda transportadora más común	20
Figura 5.- Tipos de botones.....	22
Figura 6.- Tipos de sensores.....	25
Figura 7.- Algunos tipos de PLC.....	27
Figura 8.- Evolución de la industria y tecnología.....	31
Figura 9.- Tipos de relevadores	36
Figura 10.- Conexiones eléctricas de la instrumentación electrónica	38
Figura 11.- Conexión de entradas digitales	39
Figura 12.- Conexión de salidas digitales del PLC y el IRC5	40
Figura 13.- Programación en escalera.....	41
Figura 14.- Portada del HMI.....	46
Figura 15.- HMI celda robotizada.....	46
Figura 16.- HMI celda robotizada y propiedades del botón para el brazo derecho.	47
Figura 17.- Dirección IP del PLC.....	48
Figura 18.- Conexión ethernet de la PC.....	48
Figura 19.- Conexiones en RED de equipos de cómputo y equipos inteligentes	50
Figura 20.- Generación de un PING.....	50
Figura 21.- Nube de SIEMENS.	52
Figura 22.- Ventana de inicio del proyecto	52
Figura 23.- Ventana de proyecto.....	53
Figura 24.- Sistema en línea del HMI y PLC desde la nube	53
Figura 25.- Proceso de celda robotizada parte 1.....	54
Figura 26.- Proceso de celda robotizada parte 2.....	54
Figura 27.- Proceso de celda robotizada parte 3.....	55
Figura 28.- Proceso de celda robotizada parte 4.....	55
Figura 29.- Proceso de celda robotizada parte 5.....	56
Figura 30.- Proceso de celda robotizada parte 6.....	56
Figura 31.- Proceso de celda robotizada parte 7.....	57

Índice de tablas

Tabla 1.- Características del IRB 14000	14
Tabla 2.- Descripción de señales del PLC y el IRC 5	38
Tabla 3.- Programación en Rapid del brazo izquierdo.....	44
Tabla 4.- Programación en Rapid del brazo derecho	45

Capítulo 1 Introducción

En el transcurso de la revolución industrial la automatización ha ido creciendo y a su vez los electros mecanismos dando auge a la robótica industrial, dando como beneficios una mayor producción y una mejor calidad.

Por otro lado, las comunicaciones de igual manera van a la par donde hoy en día se pueden realizar procesos automatizados y estos se pueden monitorear y controlar desde un celular inteligente, una Tablet o una computadora desde una región muy remota del lugar de trabajo, a esto se le conoce como industria 4.0.

En este trabajo lo que se pretende realizar es la combinación de automatización, industria 4.0 y la programación de un robot colaborativo (irb14000) de la marca ABB, la cual se llamara aplicación de la industria 4.0 a una celda robotizada.

Planteamiento del Problema

Los robots colaborativos tienen grandes ventajas desde fácil instalación hasta su seguridad, todo esto ha llevado a que generen una alta demanda en sectores industriales un ejemplo de ello es la empresa LEGO, donde usa un robot colaborativo de dos brazos para separar cierta cantidad de bloques para paquetes individuales.

Como se mencionó anteriormente la industria sigue creciendo en temas de automatización y robótica. Por ende, es importante que el centro de cooperación academia industria (CCAI) se mantenga a la vanguardia por ende es necesario realizar trabajos los cuales involucren este tipo de sistemas y aun mejor que dicho proyecto se le implemente industria 4.0.

El proyecto que se pretende realizar es el de una celda robotizada la cual involucre los conocimientos de la industria 4.0. El cual consiste en realizar un proceso muy similar a los que se están implementado en la empresa LEGO.

Objetivo General

El objetivo general consiste en dejar unas piezas y el robot (IRB14000) tome las piezas, las coloque en una banda transportadora y dichas piezas lleguen a un punto final de la banda y el otro brazo del robot tome la pieza y la coloque en una canasta.

El inicio del proceso se puede realizar desde una botonera o desde una interfase hombre maquina (HMI), donde dicha interfase se encontrará en cualquier punto del CCAI. Cabe mencionar que la interfase será una Tablet o un teléfono inteligente o varios de ellos.

Objetivos Particulares

A grandes rasgos el objetivo general se divide en diferentes puntos, los cuales son los siguientes:

1. Realizar un diseño en 3d de una banda transportadora. Dicha banda debe de tener dimensiones que encajen con la mesa y la cinemática del robot (IRB14000).
2. Realizar el diseño de una HMI la cual interactúe con el robot. Dicha interfase va ir mejorando a la par de la programación del PLC y la programación del robot.
3. Realizar las comunicaciones industriales del PLC al HMI y al IRC5.
4. Realizar las conexiones eléctricas del PLC, el IRC5 y fuentes de alimentación.
5. Realizar la programación del PLC, el IRC5 y el HMI. Donde dicha programación debe de empatar uno con respecto del otro.

Justificación

Los robots colaborativos en este momento se encuentran en auge en las industrias y aunado a ello la industria 4.0 anda en una situación similar. Donde uno de los objetivos del Centro de Cooperación Academia Industria (CCAI) es el de realizar la colaboración con la industria. El detalle de ello es que cuando una industria requiere un desarrollo este debe realizarse en tiempos muy cortos. Por ende, es importante tener una cartera de prototipos o proyectos integrados a manera de que la industria pueda ver lo que realiza el CCAI y lo relacione con algo similar a lo que necesita.

Una de las ventajas del proyecto es que engloba varias disciplinas, lo cual lo convierte en un proyecto ambicioso y llamativo. Otras ventajas es que los robots colaborativos son seguros y precisos ya que contienen sensores los cuales al momento de colisionar se paran.

Una ventaja muy importante es de llamar la atención a empresas para el desarrollo de algún proyecto o el de realizar cursos de preparación. Enfocados a automatización y robótica industrial.

De igual manera dicho proyecto se puede usar para participar en congresos industriales o ferias de empleo, promocionando al CCAI. Debido a que el robot (IRB 14000) tiene bajo peso y su controlador está integrado a él.

Por otro lado, las estrategias que se plantean en la parte de la programación, automatización y aplicación de la industria 4.0 son difíciles de encontrar en referencias bibliográficas, muchas de las estrategias que se plantean en diferentes medios no contemplan la parte de la automatización. Dando en ciertos aspectos originalidad al proyecto. De igual manera.

Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se van a realizar de manera general los siguientes puntos:

1. Realizar el diseño en 3D de una banda transportadora.
2. Fabricar la banda transportadora en base al diseño 3D.
3. En base al diseño en 3d, se realiza un conteo de la cantidad de entradas y salidas que se van a requerir para poder seleccionar el autómatas, de igual manera se consideran los tipos de comunicaciones industriales necesarias.
4. Colocar la instrumentación de la banda transportadora.
5. Realizar las conexiones eléctricas al IRC5.
6. Realizar las conexiones eléctricas al PLC.
7. Realizar las comunicaciones industriales del PLC, el HMI y la PC.
8. Realizar el diseño del HMI del proceso.
9. Realizar la programación en escalera del PLC en base al proceso que se requiere.
10. Realizar la programación del IRC5 en base al proceso de la celda robotizada.
11. Programar las trayectorias del IRB 14000.
12. Empatar la programación del IRC5 con la del PLC, mediante protocolos de comunicación PROFINET.
13. Empatar la programación del IRC5 el PLC y el HMI, mediante protocolos de comunicación PROFINET.
14. Realizar pruebas piloto hasta que las pruebas sean satisfactorias.
15. Realizar la implementación del proyecto.

Capítulo 2.- Estado del Arte

En este artículo, integramos las técnicas de detección de objetos, estimación de pose y plan de agarre en Kinova Gen3 (KG3), un brazo robótico de 7 grados de libertad (DOF) con un sensor de cámara nativo de bajo rendimiento, para implementar un sistema autónomo en tiempo real. Sistema de agarre robótico de 6 dimensiones (6D). Para estimar la pose 6D del objeto, se aplica la red de votación por píxeles (PV-net) en el sistema de agarre. Sin embargo, el método PV-net no puede distinguir el objeto de su fotografía únicamente mediante la entrada de imagen RGB. Para satisfacer las demandas de un entorno industrial real, se desarrolla un método analítico rápido en una nube de puntos para juzgar si el objeto detectado es real o no. Además, nuestro sistema muestra un rendimiento estable y robusto en diferentes posiciones de instalación con escenas muy abarrotadas [1].

En [2] realizan el tratamiento de agua de lluvia, donde se ven temas de control automático, procesos industriales, automatización e industria 4.0. El tema de utilidad de este artículo es la aplicación de la industria 4.0 mediante los softwares LogoSoft y Logoweb editor.

En [3] este estudio, se introduce una mejora en la estimación de la calidad de la superficie de la pepita de soldadura en los bajos del automóvil utilizando métodos de procesamiento de imágenes y entrenando un sistema de inferencia difusa. Los datos extraídos se utilizan para definir funciones difusas de entrada para entrenar un sistema de inferencia de lógica difusa. Se adoptan reglas de lógica difusa basadas en la base de datos de conocimiento. Los experimentos se llevan a cabo en un brazo robótico de 6 grados de libertad (DOF) con una cámara de dispositivo de carga acoplada (CCD) para recopilar imágenes de varias ubicaciones de RSW en los bajos de los automóviles. Los resultados concluyen que la estimación del modelo 3D de la superficie de la soldadura y la calidad de la soldadura puede alcanzar una mayor precisión con los métodos propuestos.

Por otro lado, en [4] se diseñó y calibró un nuevo dispositivo háptico de 6 DOF (grados de libertad). Contiene principalmente un enlace paralelo doble, un enlace en forma de rombo, una estructura mecánica giratoria y una interfaz de agarre. Beneficiado por un diseño único,

es un dispositivo de estructura híbrida con un gran espacio de trabajo y una alta capacidad de rendimiento. Por lo tanto, es capaz de realizar interacciones con varios dedos. Además, con una base ajustable, los operadores pueden cambiar diferentes posturas sin interrumpir las tareas hápticas. Para investigar el rendimiento con respecto a la precisión del seguimiento de la posición y las fuerzas de salida estáticas, realizamos experimentos en una plataforma deslizante eléctrica tridimensional y un dinamómetro digital, respectivamente. Se calculan y analizan los errores de desplazamiento y los errores de fuerza. Para identificar la capacidad y el potencial del dispositivo, se programaron cuatro ejemplos de aplicación.

En [5] se propone un nuevo enfoque de aprendizaje profundo para dispositivos robóticos existentes que se puede aplicar a robots futuros sin modificaciones. Durante la implementación, también se diseñan para la máquina de implantación modelos CAD 3D de los módulos de relé PCB a reconocer. Alternativamente, desarrollamos y fabricamos piezas para el ensamblaje de perfiles de aluminio mediante tecnología de impresión 3D FDM, específicamente para fines de clasificación. También se aplican algoritmos de aprendizaje profundo basados en modelos CAD 3D para generar un conjunto de datos de objetos para categorizar mediante renderizado CGI. Se generan dos conjuntos de datos y se aplican técnicas de traducción de imagen a imagen para entrenar algoritmos de aprendizaje profundo. La síntesis logró suficiente contenido de información y calidad en las imágenes sintetizadas para entrenar algoritmos de aprendizaje profundo de manera eficiente con ellas. Como resultado, se propone un método de traducción de conjuntos de datos que es adecuado para situaciones en las que regenerar el conjunto de datos original puede resultar un desafío. Los resultados obtenidos se analizan y evalúan para el conjunto de datos.

Los modelos de potencia de motores son una herramienta clave en robótica para modelado y simulaciones relacionadas con el control y la optimización. Los autores recopilan el conjunto de datos de la potencia del motor utilizando el robot industrial ABB IRB 120. Este artículo aplica un modelo de perceptrón multicapa (MLP) al conjunto de datos recopilados. Antes del entrenamiento de los modelos MLP, cada una de las variables del conjunto de datos se evalúa utilizando el modelo de bosque aleatorio (RF), observando dos métricas: la disminución media de impurezas (MDI) y la diferencia de puntuación de permutación de características (FP). También se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson. En base a las puntuaciones de estos valores, se eliminan del conjunto de datos un total de 15

variables, principalmente variables estáticas relacionadas con la posición y orientación del robot [6].

En este estudio se desarrolla un modelo matemático de un manipulador moderno. En este modelo matemático, se consideran la aceleración del motor, el momento de inercia y la deflexión para evaluar el nivel de estabilidad del manipulador ABB Robot de seis grados de libertad. Se desarrolla un nuevo enfoque matemático de la estabilidad en el que la estabilidad se correlaciona con la aceleración del motor, el momento de inercia y la deflexión. Además de esto, se emplean principios de inferencia de lógica difusa para determinar el estado de estabilidad. Los datos numéricos de diferentes parámetros del manipulador se verifican mediante métodos matemáticos. Los resultados indicaron que a medida que aumenta la aceleración del motor, aumenta la estabilidad, mientras que la estabilidad disminuye a medida que aumentan el momento de inercia y la deflexión. Se prevé que la implementación de estos hallazgos aumentará la producción industrial [7].

El impulso para la redacción del artículo es la observación de los trabajos relacionados con la implementación de la robotización de procesos como mecanizado, aplicación de pegamento, soldadura y pintura. Los procesos antes mencionados, además de la correcta implementación de la trayectoria, requieren la definición de varios parámetros (por ejemplo, velocidad) en el software del robot. En las trayectorias donde se observa la reconfiguración de los brazos del robot, existen errores importantes en la implementación de la velocidad definida. Los proveedores de tecnología robótica, en caso de alteraciones de la velocidad, aumentan manualmente el valor de velocidad definido o seleccionan experimentalmente otros parámetros. En este artículo se selecciona un proceso representativo, concretamente el mecanizado realizado con diversas herramientas por robots de ABB. Para poder controlar el proceso robótico, es necesario comparar la trayectoria definida con el perfil de velocidad. Luego, los parámetros de velocidad se pueden controlar y corregir [8].

En este artículo se presenta la arquitectura híbrida de comunicación y control basada en controlador lógico programable (PLC), que consta de dos sistemas interconectados que presentan topología distribuida y centralizada por medio del enlace de comunicación Profinet se utiliza para interconectar y controlar FC y A/D/RML. El documento también

analiza cómo sincronizar datos entre diferentes equipos de campo utilizados en la industria y los sistemas de control. La sincronización de las señales entre el PLC maestro y el ARS se realiza mediante protocolo Modbus TCP y OPC UA. La estructura del ARS consta de un robot móvil con ruedas (WMR) con dos ruedas motrices y una rueda libre (2DW/1FW) equipado con un RM de 7 DOF. El control de modo deslizante de seguimiento de trayectoria (TTSMC) se utiliza para controlar WMR [9].

Este estudio empleó la arquitectura ojo en mano junto con aprendizaje profundo y redes neuronales convolucionales para automatizar la detección de defectos en llantas de aluminio forjado para vehículos eléctricos. Se utilizó el software RobotStudio para simular el entorno y la trayectoria de una cámara instalada en un brazo robótico de ABB para capturar imágenes en 3D de las llantas. Se examinaron cuatro tipos de defectos superficiales: manchas de suciedad, manchas de pintura, rayones y abolladuras. Se utilizaron redes generativas adversarias (GAN) y redes generativas adversarias convolucionales profundas (DCGAN) para generar imágenes adicionales para ampliar la profundidad del conjunto de datos de entrenamiento [10].

Este artículo propone un middleware llamado TalkRoBots que maneja los problemas de interoperabilidad que podrían encontrarse en la Industria 4.0. Este último propone un enfoque de comunicación unificada que facilita la colaboración entre equipos heterogéneos sin necesidad de cambiar ni el software ya utilizado ni el hardware existente. Permite que robots heterogéneos, utilizando marcos robóticos abiertos y propietarios que se comuniquen y compartan información de manera transparente. Permite que los robots y los dispositivos de Internet industrial de las cosas (IIoT) se comuniquen entre sí. Además, se diseñó un mecanismo de resiliencia basado en un enfoque de Inteligencia Artificial (IA) para permitir reemplazar automáticamente un robot defectuoso por un robot alternativo óptimo disponible. Finalmente, una interfaz remota, que podría ejecutarse a través de la nube, permite a los usuarios manipular flotas de robots desde cualquier lugar y obtener acceso a los datos de los sensores [11].

En este artículo, presentamos el desarrollo de uno de esos sistemas compuesto por (i) un sistema basado en la nube construido sobre una plataforma abierta para la innovación en logística, (ii) un prototipo de robot móvil con un montacargas para manipular paletas en

una "fábrica" suelo, y (iii) robot industrial ABB IRB 140 con pinza personalizada y varios sensores. Un robot móvil está diseñado como un sistema autónomo de cuatro ruedas Mecanum con sensor LiDAR y RGB-D integrado para localización y mapeo simultáneos. El artículo muestra un caso de uso del sistema general y destaca las ventajas de tener un entorno de laboratorio con robots reales para la investigación de la automatización de fábricas en un entorno de laboratorio. Además, la solución propuesta podría ampliarse y replicarse en aplicaciones reales de automatización de fábricas [12].

En esta publicación, se deriva y discute un concepto de estrategia para las pruebas de compatibilidad mediante una revisión de la literatura y una investigación aplicada. Este concepto de estrategia de cuatro fases identifica incompatibilidades entre componentes de software y hardware en el entorno de control industrial y permite a los ingenieros de pruebas detectar problemas en una etapa temprana. Al automatizar la prueba de compatibilidad en una I-PC externa, la prueba se puede ejecutar tanto cuando se instala un nuevo software en el controlador industrial como cuando se reinicia el controlador. De este modo, se detectan constantemente cambios en los componentes y se evitan incompatibilidades. Además, la detección temprana de incompatibilidades puede garantizar que un sistema permanezca permanentemente operativo. A partir de una discusión, se identifican estrategias adicionales para consolidar la solidez y aplicabilidad del concepto presentado [13].

En este artículo se da a conocer que en la industria el PLC desempeñan un papel vital en los sistemas de control industrial (ICS) actuales, que se componen de infraestructura crítica. Para satisfacer las crecientes demandas de rentabilidad y al mismo tiempo mejorar la eficiencia de la producción, en los sistemas de control basados en PLC se integran software y hardware comerciales y redes externas como Internet. Sin embargo, también brinda oportunidades para que los adversarios lancen ciberataques maliciosos, dirigidos y sofisticados. Con ese fin, existe una necesidad urgente de resumir el trabajo en curso en sistemas de control basados en PLC sobre vulnerabilidades, ataques y esquemas de detección de seguridad para investigadores y profesionales. Por medio de encuestas carecieron de una revisión de la investigación forense digital de los sistemas de control basados en PLC, que fue importante para el análisis de seguridad en diferentes etapas. Como resultado, destacamos el análisis de vulnerabilidad tanto a nivel de componente

central como a nivel de sistema, así como modelos de ataque contra disponibilidad, integridad y confidencialidad. Mientras tanto, se proporcionan revisiones de los esquemas de detección de seguridad e investigaciones forenses digitales para los sistemas actuales basados en PLC. Finalmente, discutimos el trabajo futuro para los sistemas de próxima generación [14].

El objetivo de este artículo es proponer métodos que requieran poco trabajo para su configuración y que sean robustos para los tamaños de programa utilizados en la Industria 4.0. Este artículo explora algunas ideas nuevas para la verificación de códigos PLC adaptados a humanos. Presentamos diferentes métodos para probar códigos en texto estructurado (ST) que cumplan con el estándar IEC 61131-3. Por tanto, la primera idea es probar el código ST que se implementará directamente en un controlador. Para ello, proponemos un método utilizando el verificador de modelos UPPAAL que nos permite obtener resultados exactos en códigos cortos. En segundo lugar, proponemos verificar las propiedades genéricas que debe evitar un programa PLC: interbloqueos, estados no accesibles y estados o acciones fugitivas. Para resolver los problemas de explosión combinatoria encontrados con el software UPPAAL, la tercera propuesta consiste en utilizar bases de datos relacionales. Se puede obtener la misma verificación anterior, pero el tiempo de búsqueda es mayor. La cuarta y última propuesta es procesar el código ST con una red neuronal compuesta por capas de memoria a corto plazo (LSTM) para determinar rápidamente la validez del código [15].

Esta investigación aborda el desafío mediante la optimización de la construcción de electrólisis a gran escala mediante la estandarización, la modularización, la optimización de procesos y la automatización. Este artículo presenta H 2 Giga, un proyecto para la producción en masa de electrolizadores, y HyPLANT100, que investiga la estructura y los procesos de construcción de plantas de electrólisis a gran escala. La modularización de electrolizadores mejora la eficiencia y la escalabilidad de la producción. La integración de Automation ML facilita el intercambio de información fluido. Un concepto de gemelo digital permite simulaciones, optimizaciones e identificación de errores antes del montaje. Si bien la automatización de obras de construcción ofrece ventajas, tareas como las tecnologías de conexión y la manipulación de cables, tubos y mangueras requieren un montaje previo. Este estudio identifica tareas clave adecuadas para la automatización y la estimación de los

componentes necesarios. El electrolizador Enapter Multicore sirve como caso de estudio y muestra tecnología robótica para accesorios de tubos. En conclusión, esta investigación subraya la importancia de la estandarización, la modularización y la automatización para impulsar la capacidad de producción de electrólisis del hidrógeno verde, contribuyendo a los esfuerzos en curso para descarbonizar el sector industrial y avanzar en la transición energética global [16].

En [17] se ocupa de la búsqueda de sinergias entre la Industria 4.0 y los vehículos automatizados en infraestructuras de ciudades inteligentes. Faltan contribuciones en este campo que resuman estas sinergias en un solo artículo y aborden una amplia gama de aspectos, incluidos el transporte, la energía, la comunicación y la participación ciudadana. Como el campo carece de un resumen completo y claro de lo que ya se sabe, lo que ayudaría a múltiples partes interesadas, los autores decidieron realizar esta revisión. La principal hipótesis de este artículo es que la integración de las tecnologías de la Industria 4.0 y los vehículos automatizados dentro de la infraestructura de la ciudad inteligente dará como resultado mejoras significativas en la eficiencia del transporte, la utilización de recursos y la sostenibilidad urbana en general. Se puede concluir que el potencial sinérgico de los vehículos automatizados y la Industria 4.0 en la infraestructura de las ciudades inteligentes es enorme y que dicha integración ofrece soluciones prometedoras para mejorar la eficiencia del transporte, la gestión de la energía y la sostenibilidad urbana en general. También se destaca en el artículo que, para aprovechar los beneficios de tales sinergias, se necesita una colaboración amplia de los formuladores de políticas, las partes interesadas de la industria y los planificadores urbanos.

Capítulo 3.- Marco Teórico

3.1 Robots Manipuladores

Los robots manipuladores realizan tareas importantes dentro de las líneas productivas de fábricas alrededor del mundo: paletización, alimentación de máquinas, manejo, separación y mucho más. Ver [18].

¿Qué es la manipulación robótica

La manipulación es una habilidad avanzada que separa a los robots de otros sistemas computarizados y automatizados. La capacidad robótica de interactuar físicamente y modificar ambientes.

Los robots no pueden sentir y usar el sentido del tacto como los seres humanos. Por eso, los sensores de fuerza/torque son necesarios para compensar esa falta de habilidad motora.

Además, es necesario que los robots vean a través de visión artificial dónde están las piezas y qué deben hacer con ellas, siendo capaces de desviar de obstáculos y responder rápidamente a estímulos no planificados.

Libertad de movimiento

Los manipuladores robóticos se vuelven cada vez más complejos y pueden realizar actividades elaboradas, como empujar, lanzar o manejar con cuidado piezas pequeñas.

En esto, cuanto más la garra añade elementos de manipulación que se asemejan a un brazo y mano humanos, más compleja se vuelve. Es posible llegar a los 20 o más DOFs para un robot, y con las herramientas correctas, hay maneras de garantizar más habilidades que una mano humana orgánica con sus 24-DOFs.

Seguridad en el Uso de Robots Manipuladores

La seguridad es uno de los puntos más importantes a la hora de seleccionar un robot manipulador para automatizar una tarea. Dependiendo de la programación del sistema, del tipo de parte movida y de las configuraciones de velocidad y fuerza, puede haber riesgo para los trabajadores alrededor. Es importante realizar una apreciación de riesgos antes de implementar cualquier solución automatizada, como exige la ISO 15066 para el uso de robots colaborativos en espacios industriales. La implementación de sensores de proximidad en conjunto con el sistema de movimiento del robot, reduciendo la velocidad y la amplitud de acción ante la aproximación de una persona, puede ser suficiente. Los sensores de fuerza/torque también son muy útiles para garantizar mayor seguridad en el espacio de trabajo, ya que envían al sistema de control del brazo robótico una serie continua de datos sobre la presión ejercida sobre determinada pieza y pueden indicar errores en caso de que la garra robótica entre en contacto con un trabajador.

Paletización

La paletización es uno de los procesos ideales para que los robots manipuladores asuman, liberando a los trabajadores para tareas de mayor valor agregado dentro de la línea de producción.

Brazos robóticos de seis ejes pueden usar garras de succión en la punta para manipular las cajas y apilarlas de acuerdo con las necesidades de la línea.

Empaquetado

Empaquetar otra tarea repetitiva y tediosa que puede generar errores cuando no está automatizada.

Sin embargo, los robots no sufren del mismo problema. Un brazo robótico colaborativo con una garra y un sistema de visión para lectura de las partes puede identificar cuáles son los ítems en la cinta y separarlos en las cajas correspondientes con gran precisión y velocidad.

Manejo de piezas (pick and place)

Pick and place son las que tienen menor valor agregado para la línea. Simplemente tomar y cambiar un objeto de posición es tan sencillo que ya debería haber sido automatizado en todas las fábricas del mundo.

Quiénes se ocupan de fabricación de alto mix y baja producción, esto puede ser un desafío. En esos momentos, un brazo robótico colaborativo con una garra eléctrica y un sistema de visión para identificar las piezas soluciona el problema.

Alimentación de máquinas

La alimentación de máquinas es el tipo de tarea que los robots manipuladores automatizan por varios factores.

más allá de eso, están los factores de seguridad y ergonomía.

En el caso de máquinas CNC, o de corte, soldadura o prensa, los trabajadores están frecuentemente sujetos a accidentes laborales.

Por lo tanto, automatizar con un robot colaborativo para esta actividad garantiza ganancias en diferentes frentes productivos. Las fábricas aumentan la productividad de la actividad, reducen errores, cortan costos con indemnizaciones por accidente laboral y mejoran el rendimiento general, Figura 1.



Figura 1.- Robot Manipulador

3.2 IRB 14000 (YUMI)

En 2015, ABB presentó YuMi, el primer robot colaborativo. Los robots colaborativos son expertos en añadir flexibilidad a los procesos de montaje que necesitan fabricar lotes pequeños de productos muy individualizados, en ciclos cortos, verdaderamente colaborativo del mundo. Ver [19]

YuMi se ha diseñado para una nueva era de la automatización industrial para el ensamblaje de piezas pequeñas, en líneas en las que robots y personas trabajan mano a mano en las mismas tareas. La seguridad está integrada en la propia funcionalidad del robot, eliminando así la necesidad de usar vallas.

El IRB 14000 (ver Figura 2) es un robot colaborativo ideal para la automatización del ensamblaje de piezas pequeñas; con estructura compacta de doble brazo y manos flexibles que se dobla en 7 ejes que imitan los movimientos humanos con gran eficiencia, está diseñado para realizar tareas junto a los humanos, tiene dispositivos de seguridad que al mínimo toque el robot se detendrá en milisegundos. El robot proporciona alta seguridad y precisión. Está equipado con el controlador ABB IRC5 caracterizado por su tecnología TrueMove y QuickMove, las interfaces de E / S incluyen Ethernet IP, Profibus, puertos USB, DeviceNet, puerto de comunicaciones, parada de emergencia, algunos datos mas se ven en la Tabla 1

Datos Generales
IRB 14000-0.5 / 0.5
Carga máxima: 1 kg
Alcance horizontal máximo: 500 mm
Número de ejes: 7
Repetibilidad: ± 0.02 mm
Controlador: IRC5
Rango de movimiento Eje 1: -168.5° a 168.5° Eje 2: -143.5° a 43.5° Eje 3: -123.5° a 80.0° Eje 4: -290.0° a 290.0° Eje 5: -88.0° a 138.0° Eje 6: -229.0° a 229.0° Eje 7: -168.5° a 168.5°
Aplicaciones del Robot Ensamblaje Manejo de materiales Elegir y colocar Preparación de pedidos
Velocidad de movimiento del robot Eje 2: $180^{\circ} / s$ Eje 3: $180^{\circ} / s$ Eje 4: $400^{\circ} / s$ Eje 5: $400^{\circ} / s$ Eje 6: $400^{\circ} / s$ Eje 7: $180^{\circ} / s$

Tabla 1.- Características del IRB 14000

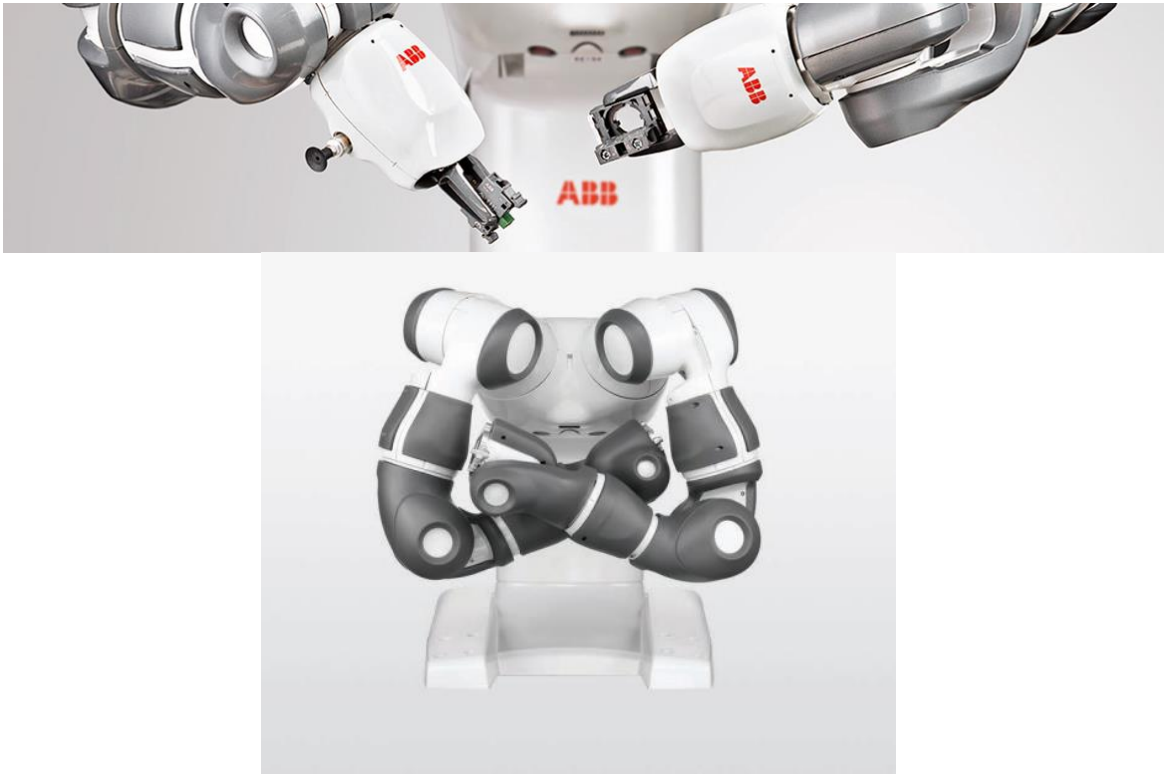


Figura 2.- IRB 14000 YUMI.

Software Rapid (lenguaje de programación)

RAPID es un lenguaje de programación textual de alto nivel desarrollado por la empresa ABB.

Una aplicación RAPID consta de un programa y una serie de módulos del sistema. El programa es una secuencia de instrucciones que controlan el robot y en general consta de tres partes. Una rutina principal (main): Rutina donde se inicia la ejecución. Un conjunto de sub-rutinas: Sirven para dividir el programa en partes más pequeñas a fin de obtener un programa modular. Los datos del programa: Definen posiciones, valores numéricos, sistemas de coordenadas, etc.

3.3 Instrucciones principales de RAPID

Instrucciones de Movimiento

Existen 3 instrucciones de movimiento principales (ver [20]):

MoveL: desplazamiento del extremo del robot hasta el punto indicado siguiendo una línea recta.

MoveC: desplazamiento del extremo del robot hasta el punto indicado siguiendo un círculo.

MoveJ: desplazamiento del extremo del robot hasta el punto indicado rápidamente, sin garantizar cuál es la trayectoria seguida (no hay coordinación de velocidad entre los distintos ejes del robot).

Control de robots y sistemas sensoriales

Posición de destino 'p1' y posición intermedia 'p0':

Se trata de datos del tipo 'RobTarget', que se explicará más adelante. En resumen, el dato p1 o p0 especifica tanto posición como orientación deseada para el robot de una forma unívoca.

Velocidad de movimiento 'v100': Es un dato del tipo 'SpeedData' que indica la velocidad deseada tanto de traslación como de rotación para el extremo del robot.

Precisión 'z10': Es un dato del tipo 'ZoneData' que especifica con qué precisión se debe alcanzar la posición solicitada antes de permitir que el robot se mueva hasta el punto siguiente.

Herramienta 'tool1': Es un dato del tipo 'ToolData' que describe las características de la herramienta acoplada al robot. Las dimensiones de la herramienta se utilizan para calcular las trayectorias respecto al punto central de la misma en lugar de calcularlas respecto al extremo del robot. Los datos relativos al peso y centro de gravedad de la herramienta se utilizan para adecuar los pares a ejercer por los motores del robot.

Instrucciones de control de flujo de ejecución

Son instrucciones muy similares a las utilizadas en cualquier lenguaje de programación; se enumeran a continuación:

IF THEN: ejecuta una serie de instrucciones si se cumple una determinada condición.

FOR: repite una sección del programa un determinado número de veces.

WHILE: repite una sección del programa mientras se cumpla una condición dada.

Control de robots y sistemas sensoriales

El mando principal es un joystick con tres grados de libertad, tal y como se ve en la figura:

1. Desplazamiento vertical.
2. Desplazamiento horizontal.
3. Giro.

Mediante estos tres grados de libertad será posible mover el robot de distintas formas:

Asignar cada grado de libertad a los ejes cartesianos X, Y, Z y trasladar el extremo del robot a la posición que se desee.

Asignar cada grado de libertad a los ángulos girados por la muñeca con respecto a los tres ejes coordenados y llevar de este modo la muñeca hasta la orientación deseada.

Asignar cada grado de libertad del joystick a una articulación del robot y de este modo mover el robot articulación a articulación (sólo será posible mover 3 articulaciones simultáneamente).

El modo de movimiento elegido se selecciona mediante los botones de la paleta de programación.

Otro mando fundamental es el botón de stop de emergencia. Es un botón con enclavamiento que detiene inmediatamente el robot; se debe pulsar en caso de detectar un fallo en el comportamiento. Este botón es particularmente útil en las fases de desarrollo y prueba de programas.

El botón de habilitación (enabling device en la figura) es también común en las paletas de programación de cualquier robot. Es un dispositivo de seguridad con tres posiciones:

1. El robot puede moverse mientras el botón se encuentre ligeramente pulsado; si el botón
2. Se suelta o se pulsa completamente el robot se detiene. De este modo se comprueba que

3. El operario que maneja el robot no sufre una pérdida de atención en ningún momento. Ver Figura 3.

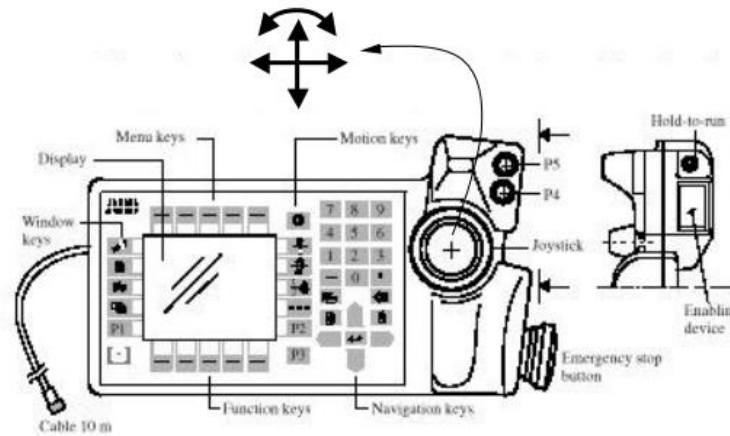


Figura 3.- FlexPendant de un Robot ABB

3.4 Tipos de bandas transportadoras

¿Qué son las bandas transportadoras?

Las bandas transportadoras son sistemas auxiliares que sirven para trasladar elementos de un lugar a otro, facilitando la producción; estas mantienen un movimiento constante y regular para un mejor control de los espacios dentro de la planta, Ver [21].

Dichos equipos están compuestos por una banda cerrada flexible que se desplaza a través de unos rodillos de giro libre, así como de un tambor de accionamiento que se encarga de transmitir el movimiento a la banda, y por supuesto, de un motor y un motorreductor que permiten generar el movimiento y definir la velocidad del sistema.

¿Cuáles son las aplicaciones de las bandas transportadoras?

Las bandas transportadoras tienen muchas aplicaciones en el sector industrial, pudiendo ser incorporadas en el sector alimentario, en el automotor, en el electrónico, en el textil, en el de construcción, etc.

Tipos de bandas transportadoras

Rodillos

Es la más común de las cintas y está compuesta por una serie de rodillos perpendiculares a la dirección de avance, gracias a ellos los productos se desplazan, siendo capaz de generar el movimiento de forma mecánica o por efecto de la gravedad.

Modular

Estas cintas transportadoras están conformadas por secciones entrelazadas que pueden ser configuradas y armadas según las necesidades de la empresa, siendo usadas mayormente en el sector alimenticio.

Plana

Este tipo de bandas transportadoras está diseñado para cargar materiales en masa o por pieza, ya que consta de una banda en forma de lazo continuo que puede emplearse en dos sentidos, uno para el reparto y otro para el retorno.

Listones

El sistema de esta banda se compone de plataformas individuales que se llaman listones o tablillas y que se conectan a una cadena continua; por lo regular, esta cinta funciona en forma recta, aunque por sus características se puede configurar en forma curva.

¿Cómo elegir su tipo de banda transportadora?

Para elegir de entre todos los tipos de bandas transportadoras la que más se ajuste a las necesidades de su industria, se necesitan considerar varios aspectos, los más importantes y comunes, Figura 4.

1. Material por transportar
2. Capacidad y pes
3. Distancia de transporte
4. Nivel de transporte
5. Condiciones ambientales
6. Recursos energéticos
7. Recursos financieros



Figura 4.- Banda transportadora más común

3.5 Tipos de botones

Interruptor de botón de descarga

El interruptor de botón de descarga requiere presión directa sobre su superficie. Tiene el actuador al ras con el anillo de montaje y a menudo se usa para botones de inicio que deben protegerse contra una activación accidental. Ver [22].

Interruptor de botón extendido

El interruptor de botón pulsador extendido tiene el actuador que sobresale aproximadamente $\frac{1}{4}$ de pulgada más allá del anillo de montaje y permite una activación más fácil porque el operador de la máquina no necesita colocar un dedo directamente sobre el actuador para operar el botón pulsador. Por lo general, se usa para los comandos más destacados en un panel de automatización.

Interruptor de botón de seta

Este interruptor tiene un actuador que se extiende sobre los bordes del anillo de montaje y tiene un diámetro mayor que un botón pulsador estándar. Debido a su tamaño y forma, los botones de seta se ven y accionan más fácilmente y, por estas razones, se utilizan como botones de parada de emergencia.

Tipos botones industriales

1. Pulsadores para ambientes severos

Son aquellos que están diseñados para adaptarse y realizar funciones al aire libre, como por ejemplo, en la minería, en máquinas industriales al aire libre, etc.

2. Pulsadores de plástico

Son usados para el encendido de motores de petróleo, gas, minería y metalurgia.

3. Pulsador inalámbrico con batería

Utilizados en fábricas de automoción, alimentos, bebidas y cemento.

4. Pulsador con llave

Solo puede ser activado mientras que la llave que venga con él este introducida.

5. Pulsador cubierto

Este ejemplar trae el botón protegido contra maniobras imprevistas, con una tapada de seguridad o una cubierta.

Tipos de funcionamiento de los botones industriales

1. Mantenido

Consiste en un circuito que permanece cerrado después de que se libere la presión del botón. Es decir, se presiona una primera vez para activarlo y una segunda vez para volver al estado de apagado.

2. Momentáneo

Es un circuito cerrado que dura solo mientras se mantiene la presión sobre el botón.



Figura 5.- Tipos de botones

3.6 Tipos de sensores

Un sensor es un dispositivo o un objeto que tiene la capacidad de captar diferentes estímulos del exterior, y de transformarlos mediante un transductor en energía eléctrica (impulso eléctrico). Transforma información o energía procedente del exterior en un impulso eléctrico dichos impulsos se analizan, se procesan y se transforman, con la finalidad de generar una determinada respuesta. Ver

Sensor de temperatura mediante impulsos eléctricos.

Estos sensores permiten controlar la temperatura de ambiente. Los sensores de temperatura son en realidad resistencias, cuyo valor asciende con la temperatura, o disminuye con ella. El sensor de temperatura nos proporciona información de la temperatura del exterior

Sensores de luz

Se trata de dispositivos electrónicos que responden al cambio en la intensidad de la luz.

Es decir, permiten determinar la presencia de luz. Así, este tipo de sensores detectan la luz visible y, además, responden en función de su intensidad.

Sensores de distancia

Los sensores de distancia son dispositivos que permiten medir distancias; además, dependiendo del tipo, también pueden utilizarse como sensores de presencia o movimiento.

Sensores de proximidad

Los siguientes tipos de sensores, los de proximidad, consisten en transductores que detectan la presencia de objetos sin necesidad de un contacto. En algunos casos también se pueden configurar para que midan la distancia.

Sensores de posición

Los sensores de posición nos permiten determinar qué ubicación tiene un determinado objeto. Como característica de estos, encontramos que generalmente disponen de un sistema electrónico particular, a fin de que puedan determinar la ubicación con la máxima precisión.

Sensores de color

Los sensores de color convierten la luz en frecuencia, a fin de poder detectar los colores de determinados objetos a partir de su radiación reflejada; lo que hacen es comparar estas radiaciones con los valores de referencia guardados.

Estos tipos de sensores emiten tres tipos de luz: roja, verde y azul, y lo hacen sobre los objetos que pretenden analizar. Finalmente, estos dispositivos generan una señal de salida

Sensores de la humedad

Estos tipos de sensores lo que hacen es medir la humedad relativa, así como la temperatura del ambiente. Concretamente, actúan emitiendo una señal acondicionada, gracias a una serie de circuitos integrados de que disponen.

Los sensores de humedad captan las señales del ambiente para detectar estos parámetros el margen de error que tienen suele ser muy pequeño.

Sensores de velocidad

También conocidos como “velocímetros”, los sensores de velocidad permiten detectar la velocidad de un objeto.

Sensores de sonido

Los siguientes tipos de sensores son los de sonido; se encargan de captar los sonidos del exterior, a través de un micrófono o de un sistema de sonar.

Las ondas de sonido que reciben estos sensores se propagan por el aire del medio y después son detectadas por los sensores.

Sensores de contacto

Los sensores de contacto tienen la finalidad de detectar el final del recorrido de componentes mecánicos (su posición límite).

Sensores ópticos

Estos tipos de sensores permiten detectar la presencia de un objeto (o de una persona) que interrumpe un haz de luz que llega hasta el sensor.

Las LDR se utilizan especialmente en robótica, con el objetivo de regular el movimiento de los robots y de detener su movimiento en el momento en el que estén a punto de tropezar con algún otro objeto.

Sensores magnéticos

Los sensores magnéticos actúan detectando los campos magnéticos que provocan las corrientes eléctricas o los imanes ver Figura 6.



Figura 6.- Tipos de sensores

3.7 Automatización con PLC

Tipos de programación en PLC

Las siglas PLC abarcan en realidad a los controladores lógicos programables en la automatización industrial, los cuales fueron desarrollados en la década de 1960 para controlar principalmente las actividades de fabricación de los procesos de las industrias. Ver [23].

¿Qué es la programación de PLC?

La programación del controlador lógico programable, generalmente conocida por programación PLC, es un sistema de revisión industrial que identifica la información acerca de los dispositivos de entrada y realiza tareas industriales apoyadas en decisiones de control de máquinas y dispositivos de salida del cliente.

Lenguaje de programación: tipos de programación en PLC

El sistema se completa utilizando uno de los 5 lenguajes para tipos de programación en PLC

Los lenguajes de programación se diferencian a su vez de los símbolos, caracteres o reglas que utilizan según su diseño para la comunicación de los usuarios con las máquinas.

En la actualidad, el IEC 61131 es el lenguaje de programación en PLC que define los próximos tipos.

Lista de instrucciones (IL)

Este tipo de lenguaje de programación de PLC se basa en el texto, que funciona como el lenguaje básico. Su último propósito es utilizar un dispositivo que consiga procesar las instrucciones mediante los códigos AND, OR y LD.

Es el lenguaje de texto con más años de uso, siendo la base del resto de lenguajes y al que se recurría cuando los ordenadores no tenían capacidad gráfica.

Texto estructurado (ST)

El texto estructurado es otro de los lenguajes de programación de PLC, pero en este caso es usado para ejecutar tareas complejas, pues puede emplear las funciones matemáticas con algoritmos para realizar cualquier actividad repetitiva.

Se define en base a las funciones de entrada y de salida y está compuesto por un conjunto de instrucciones que se pueden ejecutar de manera condicionada.

Diagramas de bloques de funciones (FBD)

Este tipo de lenguaje de programación de PLC se basa en gráficos, utilizando bloques de símbolo lógico o un diagrama en el que se representan las funciones de los comandos de entrada y salida.

Lógica de escalera (LD)

Este lenguaje de lógica de escalera se inspiró en función de la lógica del relé. Se sirve principalmente en los interruptores y relé mecánico para controlar los procesos de estas industrias.

Un sistema lógico interno es el que dirige todo y reemplaza a las máquinas comunes físicas y que necesitan señales eléctricas para mantenerse activas.

Utiliza el lenguaje gráfico, evolución del lenguaje de la lista de instrucciones (IL). Se compone de dos niveles verticales de alimentación y de otros dos horizontales. Las instrucciones están ubicadas en el lado izquierdo y las salidas en el lado derecho. De esta forma, interpretará los datos de abajo arriba y de izquierda a derecha.

Cuadros de funciones secuenciales

Este último tipo de lenguaje de programación PLC utiliza el gráfico de funciones para abarcar todas sus misiones. Se beneficia de la transición, siendo esta un conjunto de instrucciones empleadas para automatizar los procesos, cuyo objetivo es realizar la tarea específica a través de las situaciones predefinidas.

1. PLC Compacto: este tipo de sistema entra dentro de los tipos de programación en PLC, el cual abarca los programas fijos de la unidad E/S y de su beneficiario principal.
2. PLC Modular: este tipo de programación tiene muchas unidades de E/S y se pueden fabricar juntas, por lo que personaliza el servicio para los fines de entrada y salida deseados por la industria, ver Figura 7.



Figura 7.- Algunos tipos de PLC

3.8 Industria 4.0

La Industria 4.0 es la realización de la transformación digital del campo, que brinda toma de decisiones en tiempo real, productividad mejorada, flexibilidad y agilidad. La Industria 4.0 está revolucionando la forma en que las empresas fabrican, mejoran y distribuyen sus productos. Los fabricantes están integrando nuevas tecnologías, que incluyen Internet de las cosas (IoT), computación y análisis en la nube, IA y machine learning en sus instalaciones de producción y en todas sus operaciones. Ver [24].

Estas tecnologías digitales conducen a una mayor automatización, mantenimiento predictivo, optimización automática de mejoras de procesos y, sobre todo, un nuevo nivel de eficiencia y capacidad de respuesta a los clientes que antes no era posible.

El desarrollo de fábricas inteligentes brinda una oportunidad increíble para que la industria manufacturera ingrese a la cuarta revolución industrial. El análisis de las grandes cantidades de datos recopilados de los sensores en la planta de producción garantiza la visibilidad en tiempo real de los activos de manufactura y puede proporcionar herramientas para realizar el mantenimiento predictivo a fin de minimizar el tiempo de inactividad del equipo.

Historia de las revoluciones

1. Primera revolución industrial

Comenzando a fines del siglo XVIII en Gran Bretaña, la primera revolución industrial ayudó a permitir la producción en masa mediante el uso de energía hidráulica y de vapor en lugar de energía puramente humana y animal. Los productos finales se construyeron con máquinas en lugar de producirlos minuciosamente a mano.

2. Segunda revolución industrial

Un siglo después, la segunda revolución industrial introdujo las líneas de montaje y el uso de petróleo, gas y energía eléctrica. Estas nuevas fuentes de energía, junto con los avances en las comunicaciones por teléfono y telégrafo, trajeron la producción en masa y cierto grado de automatización a los procesos de manufactura.

3. Tercera revolución industrial

La tercera revolución industrial, que comenzó a mediados del siglo XX, agregó computadoras, telecomunicaciones avanzadas y análisis de datos a los procesos de manufactura. La digitalización de las fábricas comenzó con la incorporación de controladores lógicos programables (PLC) en la maquinaria para ayudar a automatizar algunos procesos y recopilar y compartir datos.

4. Cuarta revolución industrial

Ahora estamos en la cuarta revolución industrial, también conocida como la Industria 4.0. Caracterizados por una creciente automatización y el empleo de máquinas y fábricas inteligentes, los datos informados ayudan a producir bienes de manera más eficiente y productiva en toda la cadena de valor. Se mejora la flexibilidad para que los fabricantes puedan satisfacer mejor las demandas de los clientes mediante la personalización masiva. En última instancia, buscan lograr la eficiencia, en muchos casos, con el tamaño de lote 1. Al recopilar más datos de la planta y combinarlos con otros datos operativos de la empresa, una fábrica inteligente puede lograr transparencia de la información y mejores decisiones. Figura 8.

¿Qué tecnologías están impulsando la Industria 4.0?

Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las cosas (IoT) es un componente principal de las fábricas inteligentes. Las máquinas en la planta de producción están equipadas con sensores que cuentan con una dirección IP que permite que las máquinas se conecten con otros dispositivos habilitados para la web. Esta mecanización y conectividad hacen posible que se recopilen, analicen e intercambien grandes cantidades de datos valiosos.

Computación en la nube

La computación en la nube es la piedra angular de cualquier estrategia de Industria 4.0. La plena realización de la manufactura inteligente exige conectividad e integración de ingeniería, cadena de suministro, producción, ventas, distribución y servicio. La nube ayuda a que eso sea posible. Además, la gran cantidad de datos que normalmente se almacenan y analizan se puede procesar de manera más eficiente y rentable con la nube. La computación en la nube también puede reducir los costos iniciales para los fabricantes pequeños y medianos que pueden ajustar sus necesidades y escalar a medida que crece su negocio.

IA y machine learning

La IA y el machine learning permiten a las empresas manufactureras aprovechar al máximo el volumen de información generada no solo en la planta de producción, sino en todas sus

unidades comerciales, e incluso de socios y fuentes de terceros. La IA y el machine learning pueden crear insights que brinden visibilidad, previsibilidad y automatización de operaciones y procesos comerciales. Por ejemplo: las máquinas industriales tienden a averiarse durante el proceso de producción. El uso de datos recopilados de estos activos puede ayudar a las empresas a realizar un mantenimiento predictivo basado en algoritmos de machine learning, lo que resulta en más tiempo de actividad y mayor eficiencia.

Edge computing

Las demandas de las operaciones de producción en tiempo real significan que algunos análisis de datos deben realizarse en el "borde", es decir, donde se crean los datos. Esto minimiza el tiempo de latencia desde que se producen los datos hasta que se requiere una respuesta. Por ejemplo, la detección de un problema de seguridad o calidad puede requerir una acción casi en tiempo real con el equipo. El tiempo necesario para enviar datos a la nube empresarial y luego volver a la fábrica puede ser demasiado largo y depende de la confiabilidad de la red. El uso de edge computing también significa que los datos permanecen cerca de su fuente, lo que reduce los riesgos de seguridad.

Ciberseguridad

Las empresas manufactureras no siempre han considerado la importancia de la ciberseguridad o los sistemas ciberfísicos. Sin embargo, la misma conectividad de los equipos operativos en la fábrica o el campo (TO) que permite procesos de manufactura más eficientes también expone nuevas rutas de entrada para ataques maliciosos y malware. Al pasar por una transformación digital hacia la Industria 4.0, es esencial considerar un enfoque de ciberseguridad que abarque los equipos de TI y TO.

Gemelo digital

La transformación digital que ofrece la Industria 4.0 ha permitido a los fabricantes crear gemelos digitales que son réplicas virtuales de procesos, líneas de producción, fábricas y cadenas de suministro. Un gemelo digital se crea al extraer datos de sensores, dispositivos, PLC y otros objetos del IoT conectados a Internet. Los fabricantes pueden usar gemelos digitales para ayudar a aumentar la productividad, mejorar los flujos de trabajo y diseñar

nuevos productos. Al simular un proceso de producción, por ejemplo, los fabricantes pueden probar cambios en el proceso para encontrar formas de minimizar el tiempo de inactividad o mejorar la capacidad.

Industria 4.0 y arquitectura de TI multinube híbrida

La creación de una infraestructura de TI multinube híbrida es un componente clave en la transformación digital para los fabricantes que buscan aprovechar la Industria 4.0. La multinube híbrida es cuando una empresa tiene dos o más nubes públicas y privadas para gestionar sus cargas de trabajo informáticas. Esto les brinda la capacidad de optimizar sus cargas de trabajo en todas sus nubes, ya que algunos entornos se adaptan mejor o son más rentables para ciertas cargas de trabajo. Los fabricantes que buscan la transformación digital y un entorno seguro y abierto pueden mover sus cargas de trabajo existentes desde su ubicación local al mejor entorno de nube posible



Figura 8.- Evolución de la industria y tecnología

3.9 HMI

Un sistema HMI es la herramienta principal mediante la que los operarios y supervisores de línea coordinan y controlan los procesos industriales y de fabricación en una planta. HMI es el acrónimo de Human Machine Interface (interfaz humano-máquina). La definición de una interfaz humano-máquina es la de una interfaz de usuario o un panel de control que combina software y hardware para ayudar al operario a comunicarse entre sistemas y máquinas.

Las pantallas HMI utilizadas en el contexto industrial son en su mayoría pantallas o pantallas táctiles que conectan a los usuarios con las máquinas, los sistemas o los dispositivos.

Los operarios de las fábricas utilizan los paneles de operador HMI para controlar y automatizar la maquinaria, así como sus líneas de producción.

Su objetivo es aumentar la productividad, incrementar el tiempo de funcionamiento y proporcionar una calidad de producto constante.

¿Para qué sirve un HMI?

En un sistema de automatización industrial, la HMI es muy importante, mediante el uso de una interfaz hombre-máquina podemos visualizar la representación de los sistemas de control, y también se puede disponer de la adquisición de datos en tiempo real.

dispone de un control centralizado que te ayudará a mejorar la eficiencia de la pantalla.

Otra variante que se usa con la pantalla HMI es el acceso remoto: se puede supervisar de forma segura el acceso o el control de todas las funciones del sistema. Esta característica te ayudará a controlar el programa que utilices de control a otros dispositivos móviles.

Por ello, se utilizan en varias industrias, como las plantas de fabricación, las máquinas expendedoras, los alimentos y las bebidas, los productos farmacéuticos y los servicios públicos, por nombrar sólo algunos.

Los sistemas HMI, junto con los PLC, suelen ser la columna vertebral de la línea de producción en estas industrias.

La integración de la pantalla HMI en la fabricación ha mejorado enormemente las operaciones. Permiten el control de supervisión y la adquisición de datos en todo el sistema, por lo que los cambios de parámetros son factibles a elección del operario.

Las empresas de servicios públicos utilizan las HMI para controlar la distribución de agua y el tratamiento de aguas residuales. Ver [25].

Los sistemas HMI se utilizan en todo tipo de industrias, como:

1. Automoción.
2. Electrónica.

3. Entretenimiento.
4. Energía.
5. Alimentación y bebidas.
6. Fabricación.
7. Militar.
8. Medicina.
9. Petróleo y gas.
10. Energía.
11. Reciclaje.
12. Robótica.
13. Agua y aguas residuales.

¿Cómo funciona un sistema HMI?

Un sistema HMI consta de una pantalla de monitorización, un panel de mando y puertos de comunicación. Este puede integrarse en nuestro proceso con la ayuda de un PC y se hace mediante el uso de software específico para transferirlo a la HMI, que ejecutará el programa.

Los dispositivos de la fábrica pueden conectarse a la HMI, como la maquinaria de una línea de producción, los sensores de entrada-salida, que proporcionarán los datos al PLC.

La pantalla de monitorización en la HMI permite al operario interactuar con ella, mediante el panel de operación y por esto, el operario puede realizar las funciones requeridas.

¿Cómo se programa un sistema HMI?

La programación de un HMI es diferente de la mayoría de los otros lenguajes de programación.

La programación de los paneles de operador HMI se denomina normalmente desarrollo de HMI, ya que la mayor parte del tiempo se dedica a diseñar la disposición de las pantallas en lugar de escribir código en el sentido tradicional de la definición.

La programación que controlará las entradas y salidas de una HMI generalmente se encuentra en el PLC, dando al programador del PLC la mayor parte del control sobre la funcionalidad de cómo operará la HMI.

3.10 Relevadores

Conocidos también como relés, son dispositivos electromagnéticos que se encargan de abrir y cerrar el paso de la corriente eléctrica y son accionados bajo este mismo tipo de energía. La información se puede encontrar en [26].

Funcionamiento

Los relevadores tienen una bobina conectada a una corriente, cuando esta se activa produce un campo electromagnético, el cual provoca que el contacto del relé que se encuentra normalmente abierto se cierre y de esta forma, permite el paso de la corriente por un circuito para ejercer cierta acción, como arrancar un motor.

Tipos de relevadores

1. Electromecánicos

Un electroimán causa la basculación de una armadura al ser activado, cerrando o abriendo los contactos dependiendo de si está normalmente abierto o cerrado.

2. Núcleo móvil

Por su mayor fuerza de atracción, se usa un solenoide para cerrar sus contactos y se utiliza para el control de altas corrientes.

3. De lengüeta

Estos relevadores están conformados por una ampolla de vidrio con contactos en la parte interior y se encuentran montados sobre delgadas láminas de metal.

4. Polarizados

Conformados por una armadura pequeña, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior gira dentro de los polos de un electroimán, mientras que el otro lleva una cabeza de contacto. Al excitar el electroimán, se mueve la armadura y causa el cierre de los

contactos. Si se polariza de forma contraria, el giro ocurrirá al revés, abriendo los contactos ó cerrando otro circuito.

5. De estado sólido

Se trata de un circuito híbrido, conformado por un optoacoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac que actúa de interruptor de potencia.

6. De corriente alterna

Cuando se excita la bobina de los relevadores con corriente alterna, el flujo magnético en el circuito magnético también es alterno, ocasionando una fuerza pulsante con frecuencia doble sobre los contactos.

7. De láminas

Contiene un electroimán excitado con la corriente alterna de entrada, el cual atrae varias varillas sintonizadas para resonar a sendas frecuencias de interés.

8. De acción retardada

Con estos relevadores es posible disponer de retardos en su conexión y desconexión.

9. Con retardo a la conexión

El retardo a la conexión se consigue de manera mecánica, por medio del aumento en la masa de la armadura para obtener mayor inercia del sistema móvil. También se consigue un efecto parecido de retardo utilizando C. C. para alimentar al relé.

10. Con retardo a la desconexión

El retardo a la desconexión también se consigue de manera mecánica, pero disminuyendo la presión de los resortes del relé.

11. Con retención de posición

Los relevadores cuentan con un diseño que contiene remaches de elevada remanencia y se encuentran dentro de orificios practicados en el núcleo y la armadura de los mismos con exacta coincidencia.

12. Aplicaciones de los relevadores en la industria

Los relevadores son imprescindibles para el control de circuitos eléctricos. Es muy común que se utilicen en la botones parada de emergencia, es decir, para frenar una máquina que se encuentra dañada y no cause daños al personal que la opera, basta con que se active el botón para realizar esta función, suelen ser de color rojo con carcasa amarilla.

También se pueden usar para la detección de fallas en controles a dos manos, cableados y circuitos de protección de contactores. Los dispositivos de control a dos manos son muy importantes en operaciones que requieren de un grado de seguridad elevado. Figura 9.



Figura 9.- Tipos de relevadores

Capítulo 4.- Desarrollo

En este capítulo se ven diferentes temas para la integración del proyecto, uno de los primeros puntos es plantear la instrumentación electrónica necesaria esto con el objetivo de saber el tipo de señales a la entrada y la salida, de esta forma saber qué equipo es el necesario para poder implementar su automatización, tomando esto en cuenta se desarrolla los diagramas eléctricos y electrónicos los cuales van conectados al PLC y al robot IRB 14000, para posteriormente realizar la programación en ambos controladores.

Cabe mencionar que un punto importante en este proyecto es el de poder llevar los elementos de entrada y salida a una interface hombre maquina (HMI). Donde esta HMI se pueda visualizar en algún equipo inteligente (PC, Laptop, celular inteligente, Tablet).

4.1 Desarrollo de diagramas eléctricos

Para el desarrollo y elaboración de diagramas eléctricos es necesario conocer la cantidad de variables que conlleva el proyecto. El software que se usa para la elaboración de estos diagramas es Automación Studio 5.0. Las señales que se van a utilizar son de tipo digital tanto para entradas como para salidas, esta relación se puede ver en la Tabla 2

Id	Direccionamiento	Etiqueta	Tipo de señal	Descripción
1	Entrada 1 del PLC	I1	Digital y física	Se activa cuando BNA del brazo izquierdo del robot se activa
2	Entrada 2 del PLC	I2	Digital y física	Se activa cuando BNA del brazo derecho del robot se activa
3	Entrada 3 del PLC	I3	Digital y física	Está ligada a un sensor infrarrojo que se encuentra al inicio de la banda
4	Entrada 4 del PLC	I4	Digital y física	Está ligada a un sensor infrarrojo que se encuentra al final de la banda
5	Entrada 1 del IRC5	XS8 Borne 1	Digital y física	Se activa cuando BNA del brazo izquierdo del robot se activa

6	Entrada 2 del IRC5	XS8 Borne 2	Digital y física	Se activa cuando BNA del brazo derecho del robot se activa
7	Entrada 3 del IRC5	XS8 Borne 3	Digital y física	Está ligada a un sensor infrarrojo que se encuentra al inicio de la banda
8	Entrada 4 del IRC5	XS8 Borne 4	Digital y física	Está ligada a un sensor infrarrojo que se encuentra al final de la banda
9	Entrada 5 del IRC5	XS8 Borne 5	Digital y física	Está ligada a salidas del PLC
10	Entrada 6 del IRC5	XS8 Borne 5	Digital y física	Está ligada a salidas del PLC
11	Salida 1 del IRC5	XS7 Borne 5	Digital y física	

Tabla 2.- Descripción de señales del PLC y el IRC 5

Como primer punto se realizan las conexiones la instrumentación electrónica, esto se puede ver en la Figura 10, para el desarrollo de estos proyectos se van a utilizar dos sensores infrarrojos, dos botones normalmente abiertos y 2 relevadores de 5 vcd con dos polos.

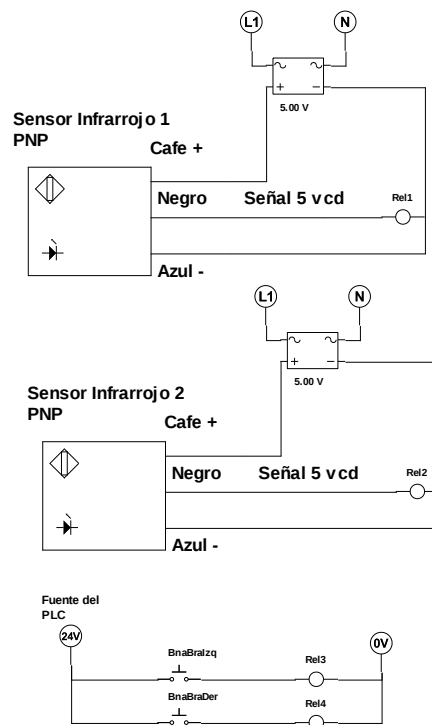


Figura 10.- Conexiones eléctricas de la instrumentación electrónica

Tomando la Figura 10 como referencia se pueden elaborar las conexiones a las entradas del PLC, las cuales se ven en la Figura 11. Cabe mencionar que es importante juntar el 0 vcd de la fuente del PLC con el 0 vcd de la fuente del IRC5, porque hay señales de salida del PLC hacia el IRC5, si no se realiza esto el circuito no se estará cerrando y por ende no va a funcionar estas entradas.

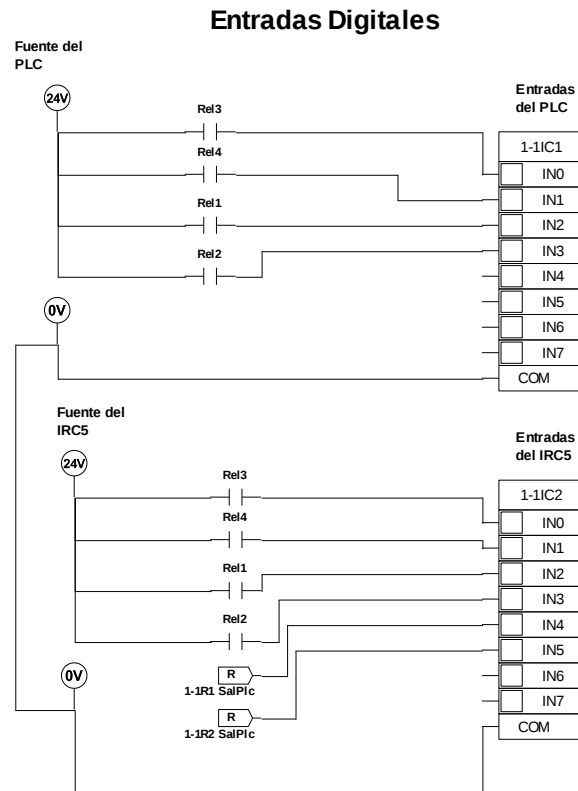


Figura 11.- Conexión de entradas digitales

Para la conexión de las salidas se ve en la Figura 12, las señales de salida del PLC se envían a las entradas del IRC5, estas señales de salida previamente son activadas con botones virtuales las cuales es necesario que generen una acción dentro de la programación del IRC 5.

Como se puede ver en los diagramas de conexiones es necesario el uso de varias fuentes de voltajes, esto es debido a que la instrumentación electrónica con la que se cuenta trabaja a diferentes voltajes, por ende, es necesario el uso de muchos relevadores, donde la mayoría de ellos son de dos polos. Esto con el fin de poder trabajar diferentes voltajes.

Para este proyecto no es necesario que el motor gire en sentido contrario.

Salidas Digitales

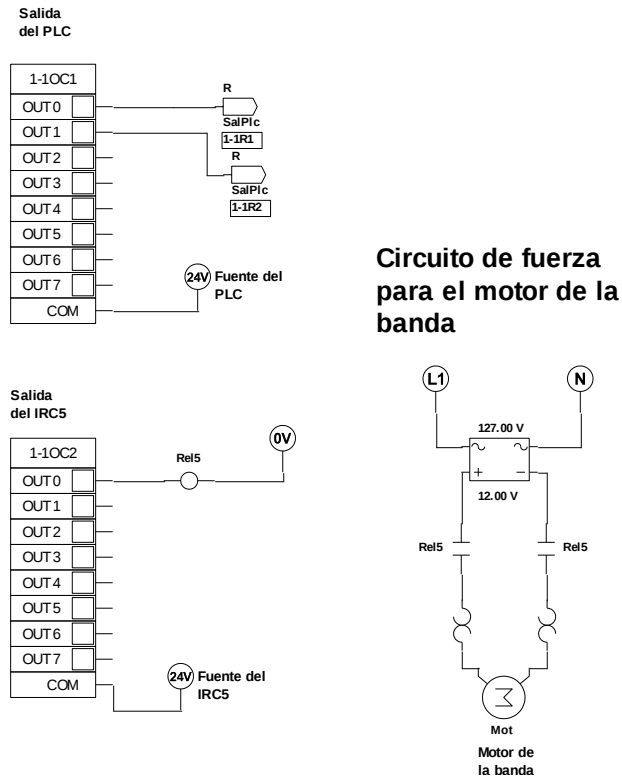


Figura 12.- Conexión de salidas digitales del PLC y el IRC5

4.2 Programación del PLC

En esta sección se ve la programación del PLC la cual se realiza mediante un lenguaje en escalera, el software que se usa es el LOGO versión 8.

El objetivo de esta programación es la de tomar lectura de las señales de la instrumentación electrónica, con la finalidad de usar estas señales para poder elaborar el HMI. Por otro lado, también es importante que cuando se realicen las activaciones virtuales estas generen un efecto en la programación del IRC 5. La programación del PLC se puede ver en la Figura 13.

Por otro lado, es importante que estas activaciones generen TAGS en el HMI.

La programación que se realiza en esta sección no es complicada debido a que la programación fuerte de este proyecto es la que se realizara en el Robot Studio (Rapid). Cabe mencionar que en la parte de anexos dicho diagrama de escalera tiene una mejor calidad.

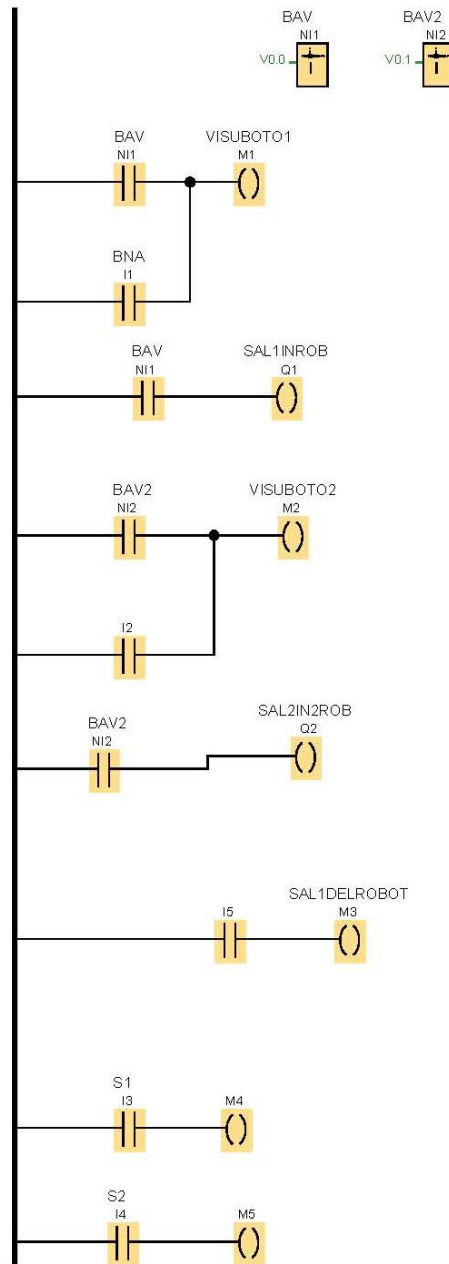


Figura 13.- Programación en escalera.

4.3 Programación en Rapid

En esta sección se realiza la programación en Rapid, esta programación tiene mucha similitud con el lenguaje tipo “C”. El objetivo en esta programación es la siguiente:

1. Leer señales del PLC.

2. Leer señales de entradas físicas.
3. Generar las trayectorias del proyecto, la cual está enfocada en que el brazo izquierdo tome una pieza y la deje en una banda transportadora, posteriormente la banda transportadora avanza y un sensor manda la señal al PLC y a la entrada del IRC5; uno es para detener la banda y la otra señal es para que se vea en el HMI.
4. Posteriormente se genera la trayectoria del brazo derecho para que tome la pieza y esta la coloque en un punto especificado de la mesa.
5. Por último, ambos brazos regresan a su punto de inicio. Cabe mencionar que todo esto se realiza evitando que los brazos generen una colisión.

4.3.1 Secuencia de programación del RAPID

1. Se presiona el botón físico que le corresponde al inicio del movimiento del brazo izquierdo, cabe mencionar que si se presiona el botón que le corresponde al brazo derecho este no va a responder puesto que dentro de la programación tiene que terminar la rutina del brazo izquierdo. La señal del botón que le corresponde al brazo izquierdo se manda al PLC y al IRC5.
2. El brazo izquierdo se mueve hacia donde se encuentra la pieza, abre las pinzas y toma la pieza, la coloca en la banda transportadora donde un sensor infrarrojo detecta si la pieza se encuentra en su lugar. En estos dos puntos se genera una condición “AND” donde es importante que el botón y el sensor se hallan activado del contrario la banda no va a avanzar. Cabe mencionar que esta señal también se va al PLC.
3. Tomando en cuenta lo anterior el IRC5 manda la señal para que la banda se active y se empiece a mover, dicha banda se detiene cuando un sensor infrarrojo detecta que ya ha llegado. De igual manera la señal de este sensor infrarrojo se manda al PLC y al IRC5.
4. Para activar el brazo derecho del robot es necesario que el sensor haya detectado la pieza, la rutina del brazo izquierdo haya terminado y que se active el botón del brazo derecho.
5. Tomando en cuenta el paso cuatro, el robot se mueve a la posición deseada, abre su pinza, baja un poco toma la pieza, se mueve con cuidado para colocar la pieza en una posición que no afecte a los movimientos de los brazos.

6. Después de colocar la pieza el robot se mueve a su posición original o también conocida como "HOME".
7. Cuando ambos brazos del robot se encuentran en su posición de "HOME", se puede colocar una pieza nueva para volver a realizar el procedimiento de nuevo.

La programación de toda esta rutina se puede ver en Tabla 3 y Tabla 4.

```

MODULE MainModule
  CONST robtarget phomelzq:=([-7.38,182.51,198.35],[0.0624488,0.838537,-
0.112515,0.529431],[0,0,0,4],[101.837,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]);
  CONST robtarget phomelzq10:=([-7.38,182.51,198.35],[0.06245,0.838536,-
0.112514,0.529431],[0,0,0,4],[101.837,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]);
  CONST robtarget p1lzq:=[[147.42,364.12,155.78],[0.384608,-
0.531447,0.515879,-0.550916],[0,0,0,4],[90.7199,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget p1lzq10:=[[147.42,364.12,95.51],[0.384606,-
0.531444,0.51588,-0.55092],[1,0,0,4],[90.7203,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget p1lzq20:=[[147.42,364.12,95.51],[0.384603,-
0.531443,0.515881,-0.550923],[1,0,0,4],[90.7204,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget p1lzq30:=[[147.42,364.12,248.66],[0.384601,-
0.531441,0.515883,-0.550924],[0,0,0,4],[90.7209,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget p1lzq40:=[[265.04,193.01,232.47],[0.440788,-
0.511572,0.53359,-0.509198],[1,0,0,5],[104.483,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget p1lzq50:=[[279.48,186.80,232.48],[0.440804,-
0.511565,0.533574,-0.509207],[1,0,1,5],[104.608,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget p1lzq60:=[[279.48,186.80,165.69],[0.4408,-
0.511569,0.533569,-0.509212],[1,1,-1,5],[104.633,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget p1lzq70:=[[279.48,186.80,261.81],[0.440824,-
0.511562,0.533552,-0.509215],[1,0,1,5],[107.344,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  PROC main()
    MoveJ phomelzq, v1000, z50, tool0;
    MoveJ p1lzq, v1000, fine, tool0;
    g_GripOut;
    WaitTime 2;
    MoveL p1lzq10, v1000, fine, tool0;
    g_GripIn;
    MoveL p1lzq30, v1000, fine, tool0;
    MoveJ p1lzq40, v1000, fine, tool0;
    MoveJ p1lzq50, v1000, fine, tool0;
    MoveL p1lzq60, v1000, fine, tool0;
    MoveL p1lzq60, v1000, fine, tool0;
    g_GripOut;
    MoveL p1lzq70, v1000, fine, tool0;

```

```

g_GripIn;
MoveJ phomeIzq, v1000, z50, tool0;
WaitDI custom_DI_0, 1;
WaitDI custom_DI_2, 1;
Set custom_DO_0;
WaitDI custom_DI_3, 1;
Reset custom_DO_0;

ENDPROC
ENDMODULE

```

Tabla 3.- Programación en Rapid del brazo izquierdo

```

MODULE MainModule
  CONST robtarget pHomeDer:=([-10.09,-179.46,198.97],[0.0760761,-0.83705,-
0.0976415,-0.532941],[0,0,0,4],[-102.124,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]);
  CONST robtarget pHomeDer10:=[[207.06,-
213.71,206.84],[0.4719,0.449448,0.529381,0.543197],[0,0,-1,4],[-
109.789,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget P1Der:=[[207.06,-
213.71,206.84],[0.471899,0.449448,0.529382,0.543197],[0,0,-1,4],[-
109.789,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget P1Der10:=[[262.71,-
229.98,189.18],[0.44779,0.511858,0.556048,0.477804],[1,0,-1,4],[-
102.031,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget P1Der20:=[[280.38,-
219.30,107.64],[0.499123,0.443801,0.470301,0.576831],[1,0,-1,4],[-
108.259,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget P1Der30:=[[268.63,-
213.71,228.37],[0.471896,0.44944,0.529382,0.543206],[1,0,-1,4],[-
109.785,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget P1Der40:=[[162.32,-
291.41,297.46],[0.253589,0.484477,0.480843,0.685394],[0,0,0,4],[-
102.711,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget P1Der50:=[[127.16,-
291.41,297.46],[0.253588,0.48448,0.480842,0.685393],[0,0,0,4],[-
102.712,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget P1Der60:=[[127.16,-
291.41,133.44],[0.253586,0.484477,0.48084,0.685397],[0,0,0,4],[-
102.712,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget P1Der70:=[[127.17,-
291.42,110.10],[0.345262,0.413883,0.542793,0.644105],[0,0,-1,4],[-
102.712,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  CONST robtarget P1Der80:=[[127.17,-
291.42,184.91],[0.345271,0.413886,0.542794,0.644097],[0,0,-1,4],[-
102.712,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
  PROC main()

```

```

MoveJ pHomeDer, v1000, z50, tool0;
WaitDI custom_DI_3, 1;
WaitDI custom_DI_1, 1;
MoveJ P1Der, v1000, fine, tool0;
MoveJ P1Der10, v1000, fine, tool0;
g_GripOut;
MoveL P1Der20, v1000, fine, tool0;
g_GripIn;
MoveL P1Der30, v1000, fine, tool0;
MoveJ P1Der40, v1000, fine, tool0;
MoveJ P1Der50, v1000, fine, tool0;
MoveJ P1Der60, v1000, fine, tool0;
MoveJ P1Der70, v1000, fine, tool0;
g_GripOut;
MoveL P1Der80, v1000, fine, tool0;
g_GripIn;
MoveJ pHomeDer, v1000, z50, tool0;

ENDPROC
ENDMODULE

```

Tabla 4.- Programación en Rapid del brazo derecho

4.4 Desarrollo del HMI

En esta sección se realiza el desarrollo de la interface hombre maquina (HMI), la cual tiene como objetivo visualizar el momento cuando se activan los sensores, los botones y la banda transportadora, aunado a ello esta HMI tiene la capacidad de los botones también funcionen como botones reales, a estos botones los conoceremos como botones virtuales.

La activación de los sensores por este medio no es conveniente puesto que los que se busca es que dicha activación sea real al momento de detectar la pieza en dos de sus posiciones.

Para el desarrollo de esta HMI, se realiza como primer punto una portada, la cual es la apertura del HMI, posteriormente luego de una lista de navegación se puede moverse a la pantalla donde se encuentra el proceso de la celda de manufactura robotizada. El HMI de la portada se ve en la Figura 14



Figura 14.- Portada del HMI.

Cabe mencionar que en la portada no se deja ningún TAG el cual se involucre con el proceso de la celda robotizada.

La HMI del proceso de la celda robotizada se puede ver en la Figura 15. En este HMI todas las imágenes tienen direccionamiento de TAGS y animaciones cuando se realice una acción ya sea en el IRC5 o PLC. Un ejemplo de ello se ve en la Figura 16, donde del lado derecho se ve las propiedades del botón que le corresponde al brazo derecho.

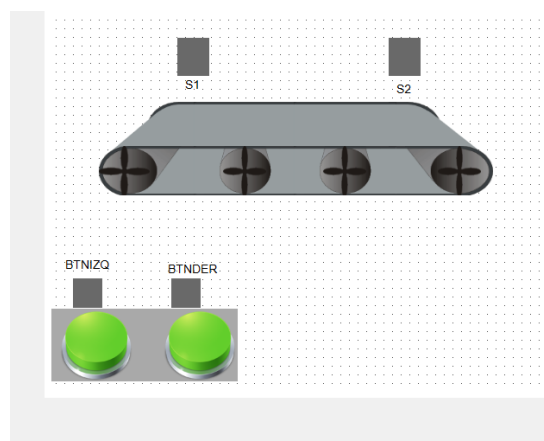


Figura 15.- HMI celda robotizada.

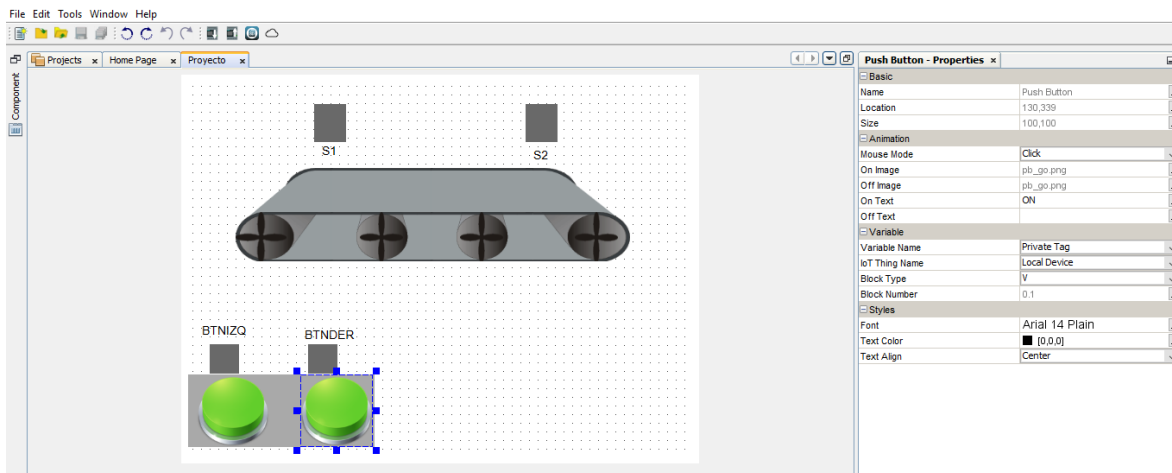


Figura 16.- HMI celda robotizada y propiedades del botón para el brazo derecho.

La mayoría del direccionamiento de los TAGS se ven en la programación del PLC.

Cabe mencionar que para poder realizar estas HMI y llevarlas a la nube de SIEMENS es necesario utilizar una memoria SD, la cual va en la ranura o puerto del PLC.

4.5 Comunicaciones industriales

Cabe mencionar que uno de las secciones más importantes es esta ya que si no se realizan las comunicaciones industriales de manera adecuada todo el trabajo anterior no tendrá sentido.

Anteriormente se utilizaba comunicación de tipo MODBUS con puertos serial RS232. Hoy en día se utiliza comunicación PROFINET o DIVICENET con puerto RJ45, dando una mayor versatilidad a las comunicaciones.

Hablando de este proyecto se utiliza una comunicación de tipo PROFINET, para ello es necesario realizar los siguiente en el software del PLC.

Como primer punto es realizar el HOST del equipo en este caso es el que se ve en Figura 17, la parte de la máscara sub red se coloca de manera automática y la puerta de enlace debe de ser similar al HOST del equipo, la parte que cambia es la última tercia, esta puerta de enlace es importe puesto que sin ella no se pueden realizar las comunicaciones de diferentes equipos en una misma red.

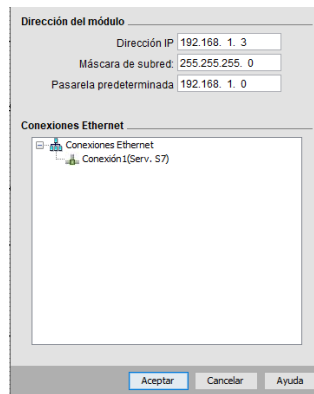


Figura 17.- Dirección IP del PLC.

Por otro lado, hay que realizar la comunicación de la PC con el PLC, para ello se realiza lo siguiente:

1. Se va a panel de control, se selecciona centro de redes y recursos compartidos.
2. Seleccionas la opción de ethernet que se habilita.
3. Se le da clic en propiedades y se selecciona la opción de habilitar el protocolo de internet versión 4.
4. Se le da clic en propiedades.
5. En la nueva ventana se habilita la opción de usar la siguiente dirección IP.
6. Se coloca el mismo host y en el último tercio se le coloca un numero diferente al de la Figura 17.
7. Tomando esto en consideración se puede realizar una transferencia exitosa entre la PC y el PLC. Esto se puede ver en Figura 18.

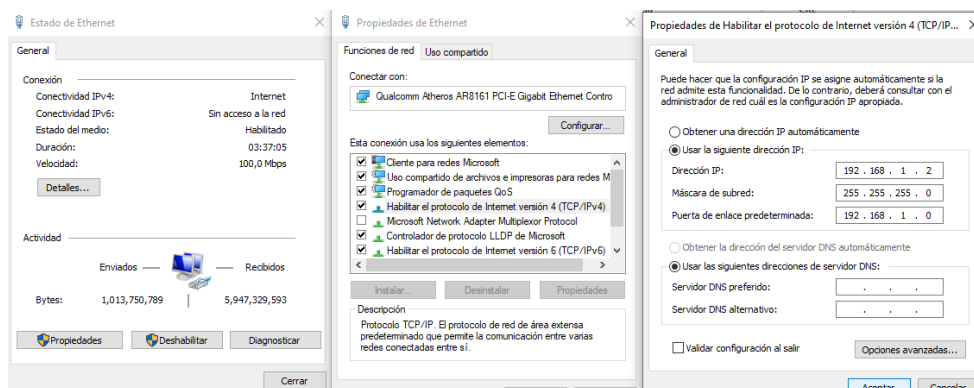


Figura 18.- Conexión ethernet de la PC

4.5.1 Diagramas de REDES de los equipos

En esta sub-sección se ve la configuración de RED Ethernet para comunicarse. Como primer punto se realiza una topología de comunicación industrial de tipo estrella, esto por el beneficio que otorga, donde el primer punto de enlace va a ser el PLC, este equipo es el que va a estar comunicando las visualizaciones y los accionamientos que ocurran dentro del HMI y de igual manera estará procesando la comunicación de las entradas y salidas físicas.

La comunicación que se utiliza para el PLC es una comunicación de tipo PROFINET, se utiliza un router de la marca STEREN, este router tiene acceso de tipo wifi y ethernet. La configuración se realiza de la siguiente manera:

1. El cable de ethernet que viene del switch principal del TESCO se conecta al WLAN del router, esto con el fin de mantener el internet en los equipos de cómputo o equipos inteligentes.
2. En el router hay que generar direcciones IP para la parte de wifi y la parte del ethernet. Esto se realiza con el fin para que todos los equipos estén en comunicación con el PLC y la dirección web.
3. En cada equipo de cómputo en el puerto LAN se configura su dirección IP, como se ve en la Figura 19.
4. Para los equipos inteligentes se configura su puerto WIFI con la dirección IP como se ve en la Figura 19.
5. Se comprueba que las conexiones entre los diferentes equipos, exista comunicación, esto se puede comprobar al realizar un ping en el equipo. En la Figura 20, se puede ver como se realiza dicha situación.
6. Si hay comunicación entre ellos, habrá comunicación al momento de entrar al servidor web del equipo. Cabe mencionar que todos los equipos van a poder entrar.
7. En un buscador de Google o Edge coloca la dirección IP del PLC, te envía a una página web de siemens.
8. Coloca la contraseña.
9. Te abre una ventana donde se visualiza el HMI que se realizó.

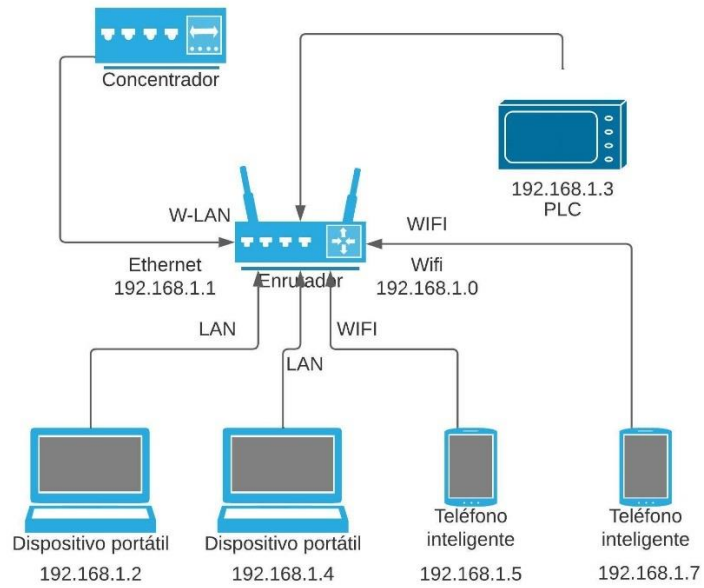


Figura 19.- Conexiones en RED de equipos de cómputo y equipos inteligentes

```

Símbolo del sistema
-6 Forzar el uso de IPv6.

C:\Users\Ricardo>ping 192.168.1.0

Haciendo ping a 192.168.1.0 con 32 bytes de datos:
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.

Estadísticas de ping para 192.168.1.0:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 0, perdidos = 4
              (100% perdidos),

C:\Users\Ricardo>ping 192.168.0.1

Haciendo ping a 192.168.0.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo<1m TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
  
```

Figura 20.- Generación de un PING.

Capítulo 5.- Experimentaciones

En este capítulo se pone a prueba todo el desarrollo que se realiza en el capítulo 4. Cabe mencionar que se realizan varias pruebas para ver si el trabajo del proyecto se concluye de manera exitosa.

Un punto importante para el desarrollo de este capítulo es el de ir probando poco a poco si los sensores mandan la señal y esta señal llega de manera adecuada al PLC y el IRC5. De una forma muy similar se realiza esto con la activación de la banda.

También se prueban la activación de los botones virtuales y que esta señal llegue de manera adecuada al PLC y el IRC5.

Posteriormente se realizan las rutinas o trayectorias que el robot debe de seguir para comprobar que se encuentra en un punto adecuado. Cabe mencionar que uno de los puntos interesantes de los robots colaborativos como este, es el de llevar el robot mediante una manera libre, la cual consiste en cargar al robot hasta un punto aproximado, para posteriormente mediante el Jostic del flexpendat dejarlo en la posición correcta. Esto permite que el trazo de trayectorias sea mucho más sencillo y dinámico.

Como primer punto es acceder a la nube de SIEMENS, esto se puede ver en la Figura 21, esta ventana se coloca la contraseña y se inicie desde una página personalizada, cabe mencionar que en la parte superior se puede ver la dirección URL de acceso de la página de SIEMENS.

Después de acceder la contraseña, se abre una ventana, para este caso es la ventana de inicio. Esto se puede ver en la Figura 22, donde en la parte izquierda se encuentra el navegador de ventanas del proyecto, para este caso solo es una.

Al dar clic en la ventana del navegador donde dice proyecto, despliega la ventana del proyecto, la cual se ve en la Figura 23.

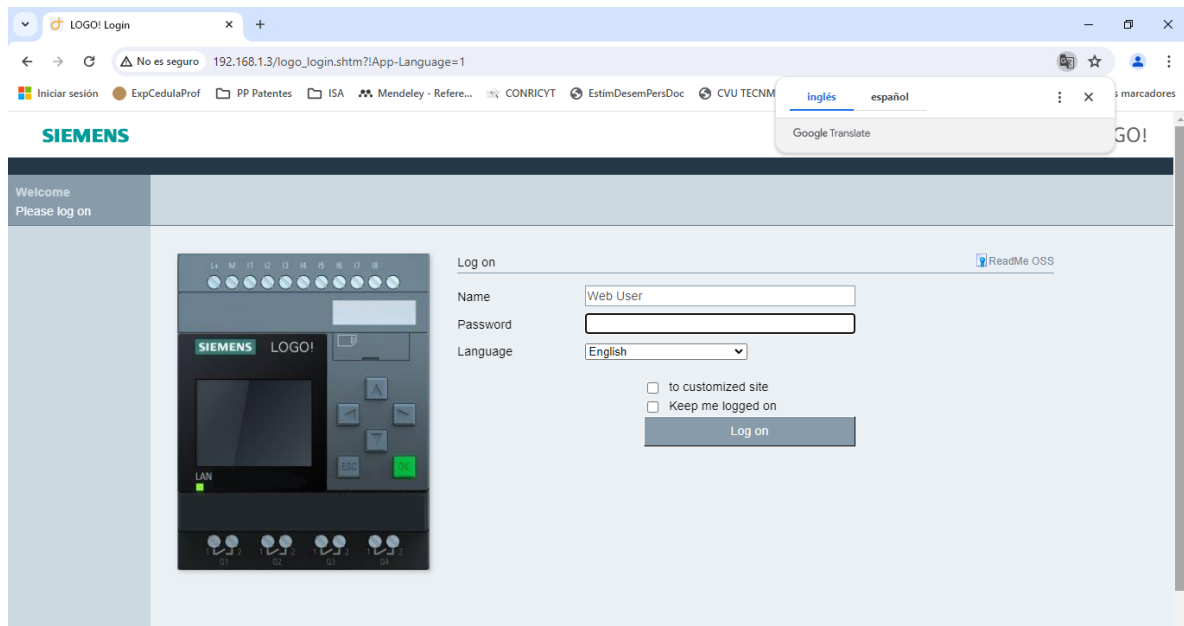


Figura 21.- Nube de SIEMENS.



Figura 22.- Ventana de inicio del proyecto

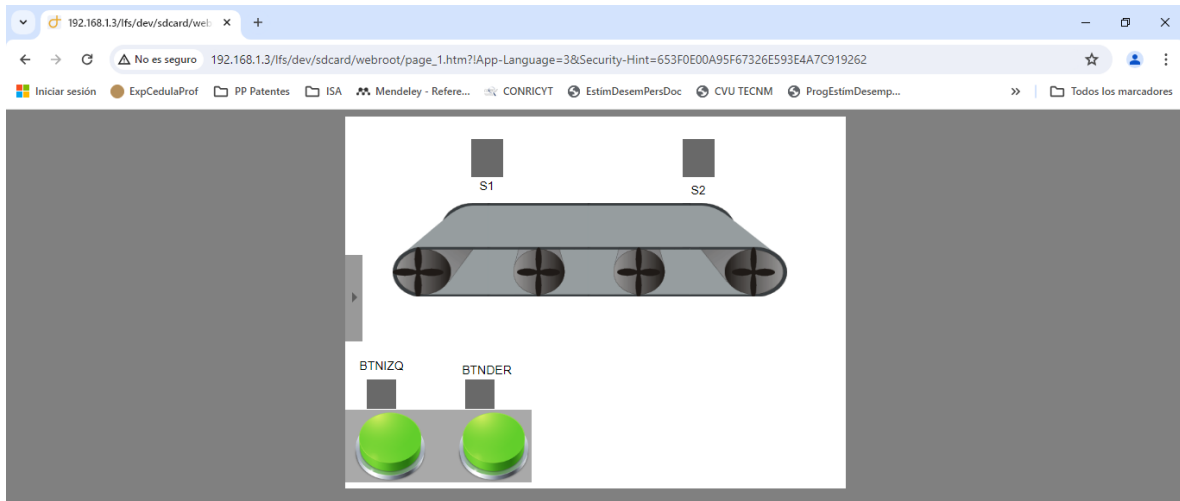


Figura 23.- Ventana de proyecto.

Cabe mencionar que se dejan impresiones de pantallas de los videos que se tomaron con el objetivo de dar la veracidad del proyecto. En la Figura 24, la idea es que se vea la interacción del PLC con el HMI, cabe mencionar que todo esto se encuentra trabajando desde la nube, de hecho, en la parte superior de la mayoría de las imágenes que se muestran se puede ver que esta conectada a una pagina web.

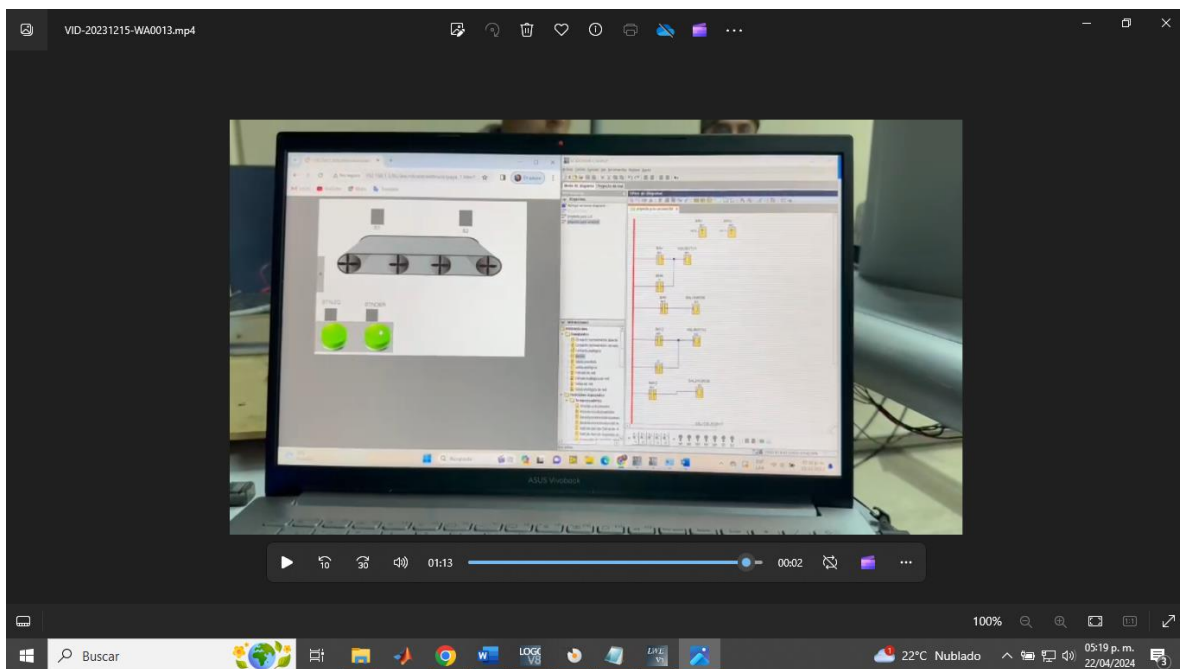


Figura 24.- Sistema en línea del HMI y PLC desde la nube

Desde Figura 25 hasta la Figura 31, se puede ver el desarrollo del proyecto en forma de etapas. Donde se ve cuando se usan los botones físicos y los botones virtuales que se muestran en la HMI.

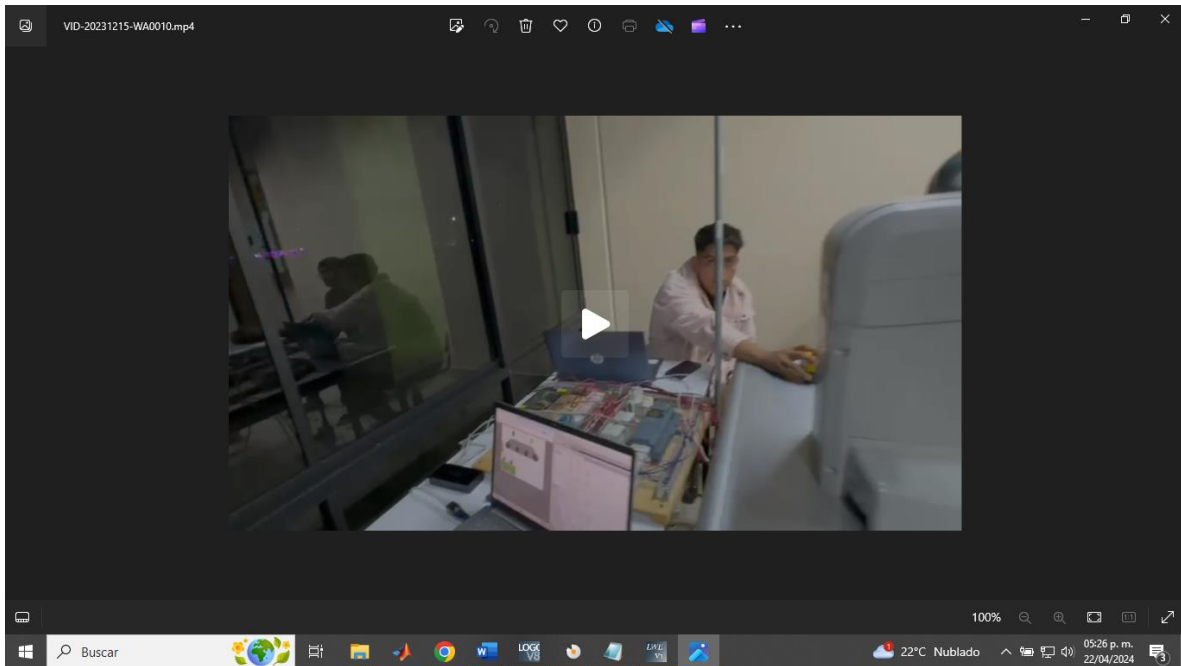


Figura 25.- Proceso de celda robotizada parte 1.

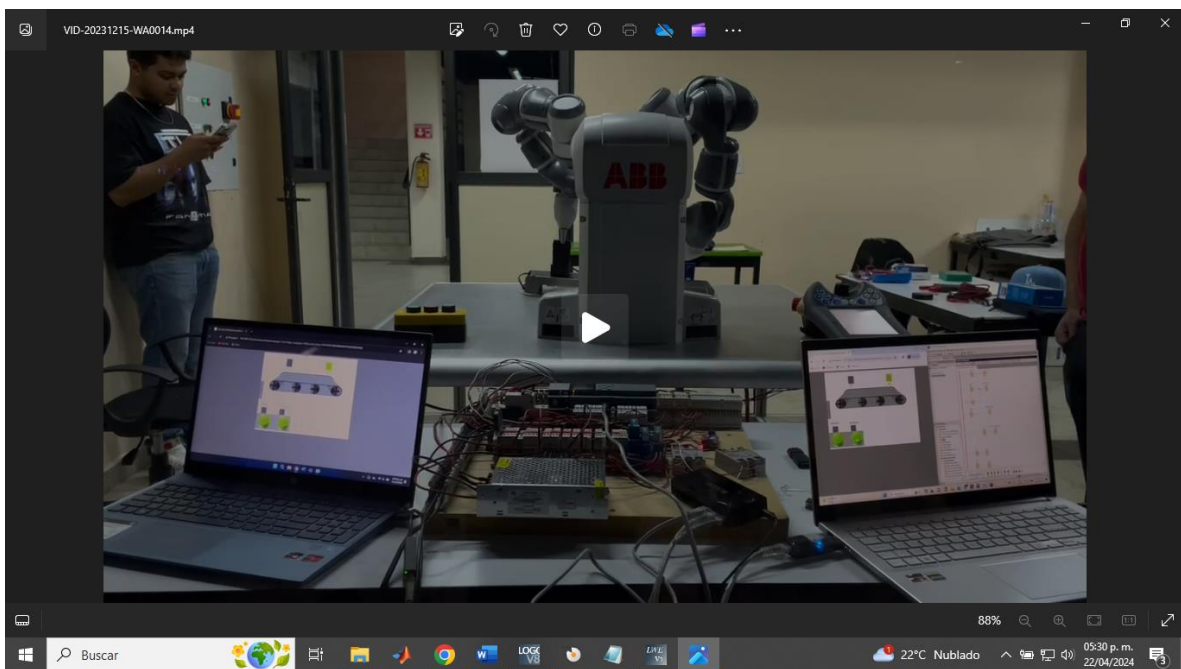


Figura 26.- Proceso de celda robotizada parte 2.

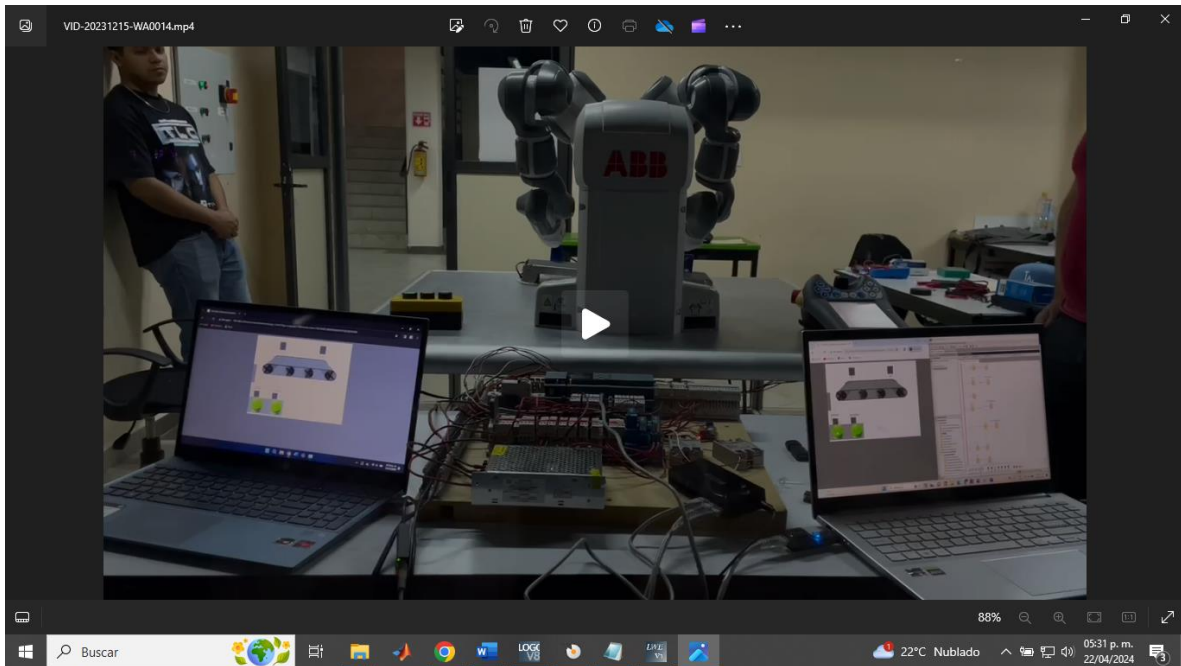


Figura 27.- Proceso de celda robotizada parte 3.

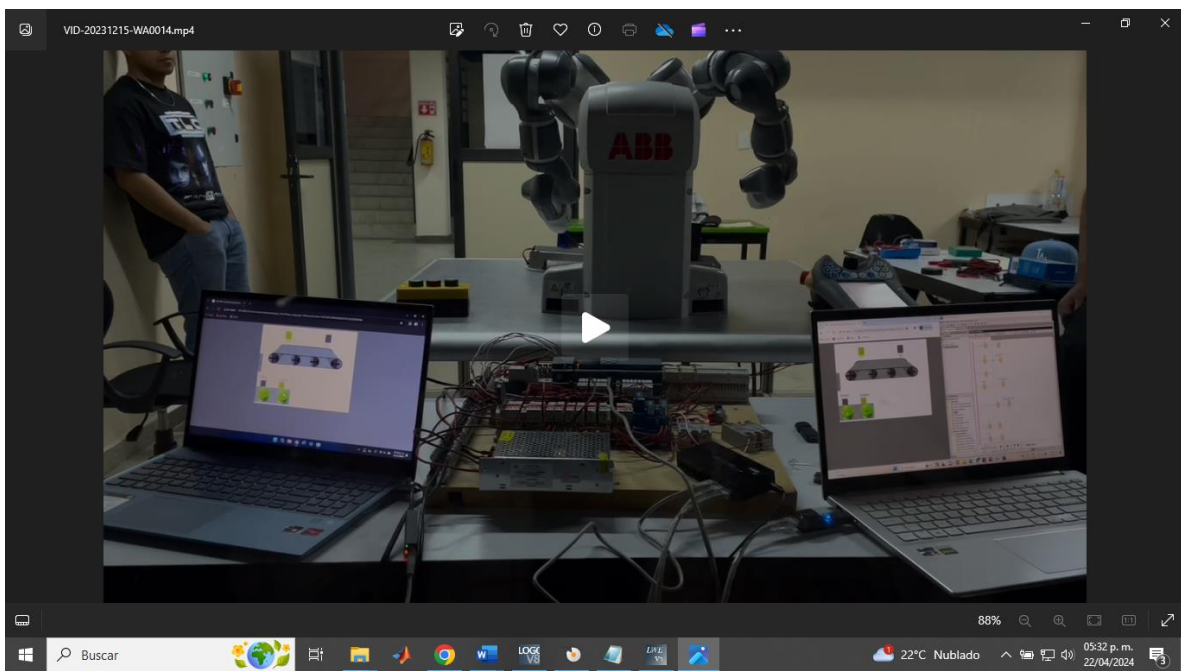


Figura 28.- Proceso de celda robotizada parte 4.

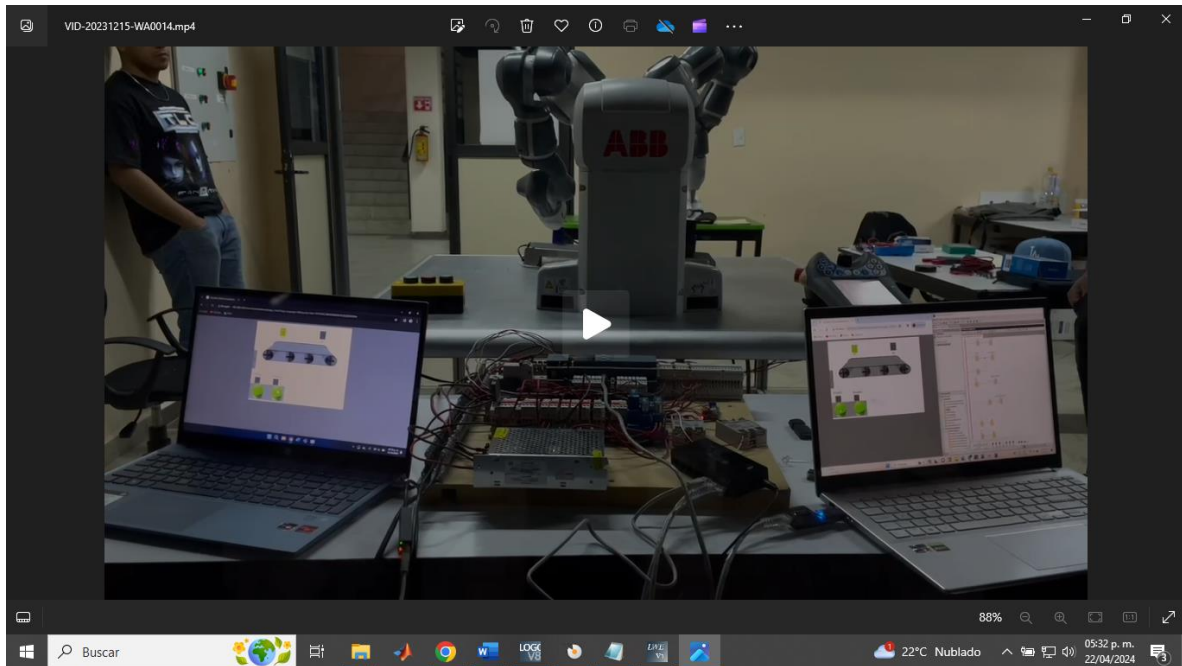


Figura 29.- Proceso de celda robotizada parte 5.

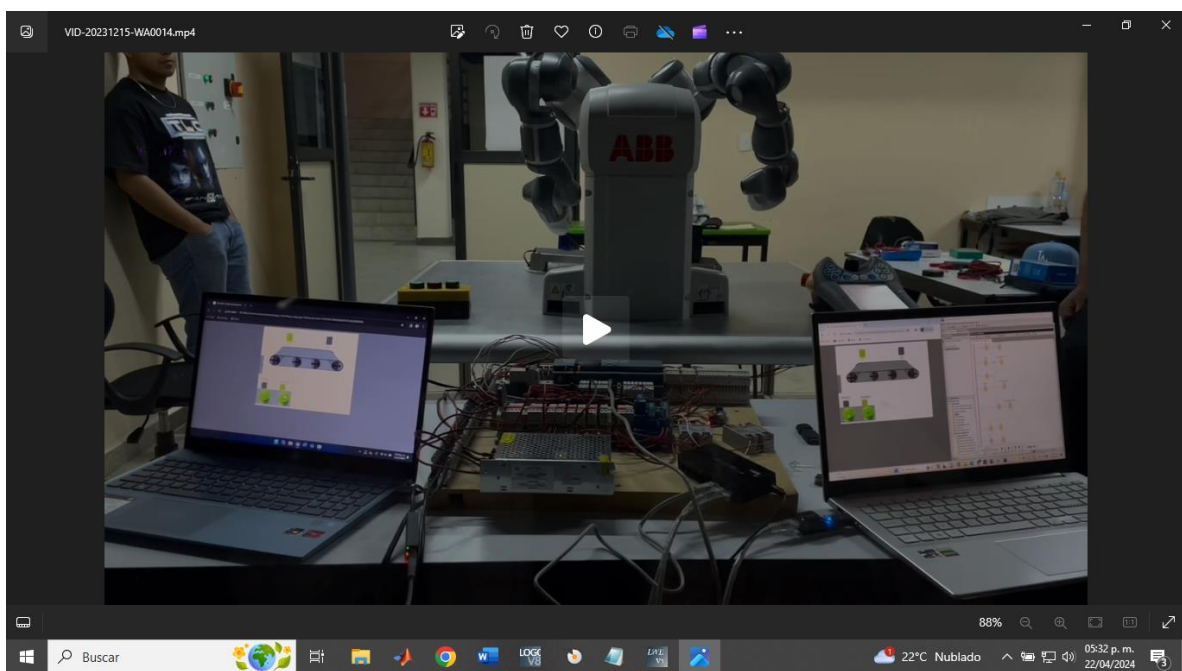


Figura 30.- Proceso de celda robotizada parte 6.

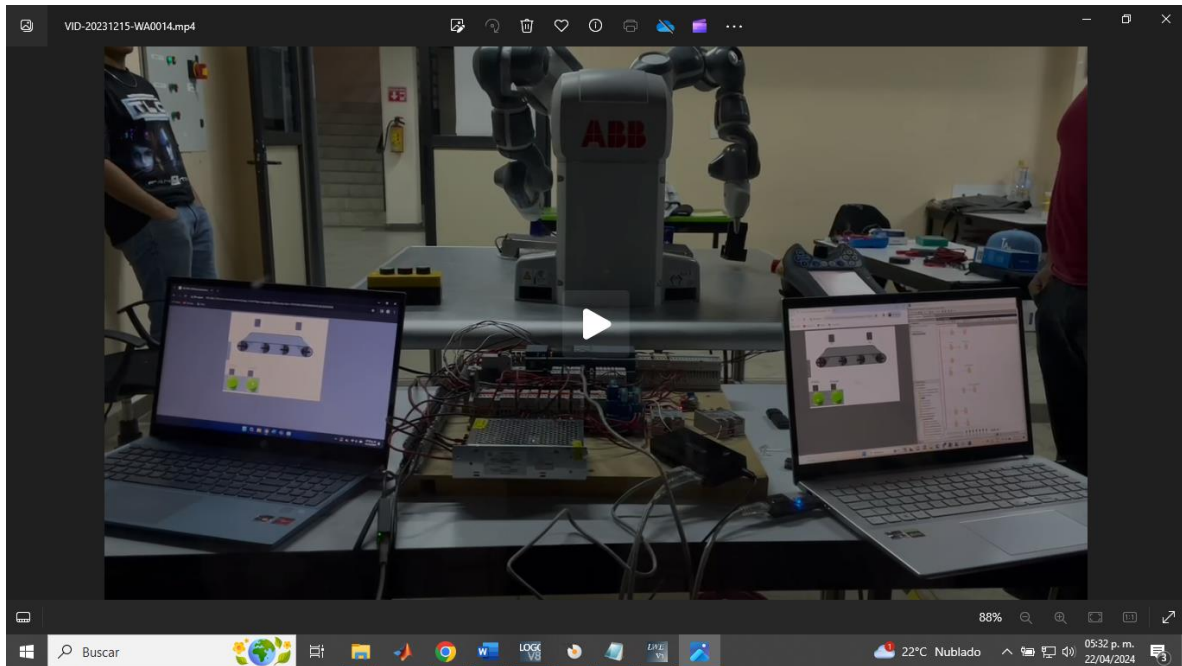


Figura 31.- Proceso de celda robotizada parte 7.

Conclusiones

Cabe destacar que este proyecto es demasiado completo puesto que tiene una gran cantidad de conocimientos los cuales se integran en uno solo objetivo. Estas disciplinas van desde conexiones, programación en diferentes lenguajes hasta llevar todo esto a una aplicación de la industria 4.0.

De una manera muy general el proyecto concluye de manera satisfactoria, pues se cumplen con cada uno de sus objetivos.

En la parte del desarrollo de diagramas eléctricos un punto interesante a destacar fue el de conectar el 0 vcd de la fuente del PLC con el 0 vcd de la fuente del IRC5, ya que si no se realiza este detalle las señales que se envíen del PLC al IRC5 no va a realizar ninguna acción. Otro punto importante fue el uso de los sensores infrarrojos esto debido a que estos sensores trabajan 5 vcd, la solución para ello fue el uso de relevadores de estado sólido, ya que estos pueden trabajar desde 3 vcd hasta 36 vcd.

Un punto importante a destacar del proyecto es el de usar una misma señal para dos microcontroladores diferentes y que esta genere el efecto deseado. En su momento solo se realizaba un nodo en común la cual enviaba la señal de los botones o sensores al PLC o al IRC5, sin embargo, en varias ocasiones en el Flexpendat enviaba un error con el número 71367, el cual se refiere a un divisor de tensión en la tarjeta de entradas y salidas del IRC5. Esto provocaba que las señales no llegaran de forma correcta al IRC5. La solución a ello fue el uso de varios relevadores.

Para la parte de programación en el PLC realmente no implicó un reto fuerte esto debido a que el objetivo era mandar dos señales de salida hacia el IRC5 y la lectura de señales del HMI.

Una parte complicada fue la programación del IRC5 esto debido a que todas las señales se concentraban en este controlador y aunado a ello tenía que enviar señales de salida que fueran al PLC para realizar la visualización del HMI, aunado a ello era importante que estas señales se sincronizaran con los movimientos del robot. O sea que no se activara la banda cuando uno de los brazos estuviera en operación, o que hubiera una colisión. Un punto a destacar de esta parte fue la programación de las trayectorias del robot, mediante el uso de “modo guiado”, ya que, si esto no se hubiera realizado así la cantidad de líneas de programación y la cantidad de movimientos del robot para llegar a una posición hubieran

sido demasiadas, incluso en algunos puntos posiblemente hubieran existido varias singularidades, evitando que la trayectoria no se complete de manera exitosa.

El desarrollo del HMI no fue complicado, esto es debido a que fueron pocas las variables a manipular y controlar.

Por otro lado, el desarrollo de comunicaciones industriales fue totalmente diferente puesto que este punto fue laborioso y complicado, debido a que había momentos donde uno de los equipos no podía acceder a la nube y otros momentos los botones virtuales no mandaban la señal al IRC5. Esto se debió a que la sub mascara de los dos equipos en uso no eran las mismas. La topología de conexión que se usa en esta sección es de tipo estrella y sus comunicaciones son de tipo PROFIBUS. Donde se le dan un canal diferente a cada equipo dentro de la RED. Cabe resaltar que un punto importante es que los puertos de comunicaciones RJ45 sean puertos dedicados al equipo ya que si se usa un convertidor de USB a RJ45 la señal tarda en transferir y en recibir.

En la fase de experimentaciones se realizaron tres pruebas las cuales concluyeron de forma exitosa. Donde lo que se buscaba en dichas pruebas era que la pieza quedara en la posición adecuada para que el sensor infrarrojo pudiera detectarla de manera adecuada, otro punto importante eran los tiempos de rutina del brazo izquierdo con respecto al brazo derecho, en este punto el desarrollo del proyecto se realizó a diferentes velocidades, donde no hubo ninguna colisión o que la pieza se quedara en otro lugar.

De igual manera era importante que la activación de señales virtuales no tuviera un desfase de tiempo muy grande, entre la parte real y virtual. De manera general se concluyó que la etapa de experimentaciones fue exitosa.

Trabajos a futuro

Cabe mencionar que este trabajo se puede tomar como base para diferentes disciplinas, ya sea automatización, robótica industrial o aplicaciones de la industria 4.0. De igual manera el proyecto se le pueden ir agregando diferentes etapas con el fin hacerlo más grande.

Dentro de los trabajos a futuro que se pueden realizar es el de incrementar la cantidad de variables de la celda robotizada.

Un trabajo a futuro interesante sería el de ocupar las cámaras de visión artificial para que el robot llegue y tome la pieza sin que esta pieza este en un punto de coordenadas específico.

Otro punto interesante sería el de poder manipular la velocidad del motor de la banda mediante el uso y la implementación de un controlador PID, algo que ocurre muy frecuente en muchos procesos industriales.

Por otro lado, a este mismo proceso se le podría agregar un selector el cual realice el trabajo a tres velocidades diferentes, para todo el proceso.

Uno de los puntos o activaciones que no se trabajó en este proyecto fue el uso de las ventosas del robot, esto debido al costo de implementación del sistema neumático.

Referencias Bibliográficas

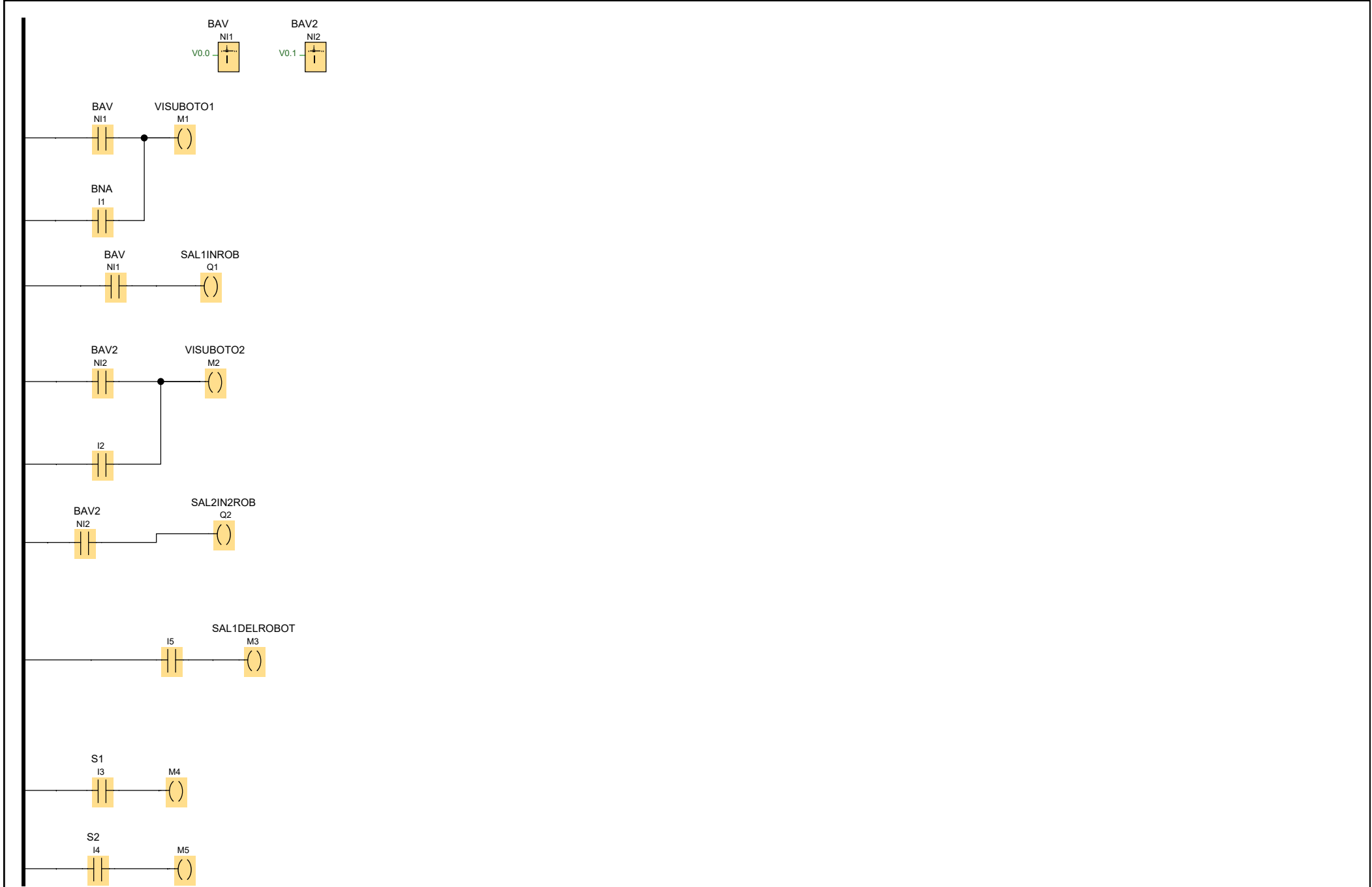
- [1] Z. Zhang, C. Zhou, Y. Koike, and J. Li, "Single RGB Image 6D Object Grasping System Using Pixel-Wise Voting Network," *Micromachines (Basel)*, vol. 13, no. 2, p. 293, Feb. 2022, doi: 10.3390/mi13020293.
- [2] R. Balcazar *et al.*, "Integrated Design and Control of a Sustainable Stormwater Treatment System," *Processes*, vol. 12, no. 4, p. 644, Mar. 2024, doi: 10.3390/pr12040644.
- [3] Alghannam *et al.*, "A Novel Method of Using Vision System and Fuzzy Logic for Quality Estimation of Resistance Spot Welding," *Symmetry (Basel)*, vol. 11, no. 8, p. 990, Aug. 2019, doi: 10.3390/sym11080990.
- [4] H. Qin, A. Song, Y. Liu, G. Jiang, and B. Zhou, "Design and Calibration of a New 6 DOF Haptic Device," *Sensors*, vol. 15, no. 12, pp. 31293–31313, Dec. 2015, doi: 10.3390/s151229857.
- [5] T. I. Erdei, T. P. Kapusi, A. Hajdu, and G. Husi, "Image-to-Image Translation-Based Deep Learning Application for Object Identification in Industrial Robot Systems," *Robotics*, vol. 13, no. 6, p. 88, Jun. 2024, doi: 10.3390/robotics13060088.
- [6] S. Baressi Šegota, N. Anđelić, J. Štifanić, and Z. Car, "Regression Model for the Prediction of Total Motor Power Used by an Industrial Robot Manipulator during Operation," *Machines*, vol. 12, no. 4, p. 225, Mar. 2024, doi: 10.3390/machines12040225.
- [7] S. Mustary, M. A. Kashem, M. A. Chowdhury, and J. Uddin, "Model and Fuzzy Controller Design Approaches for Stability of Modern Robot Manipulators," *Computers*, vol. 12, no. 10, p. 190, Sep. 2023, doi: 10.3390/computers12100190.
- [8] A. Burghardt *et al.*, "TCP Parameters Monitoring of Robotic Stations," *Electronics (Basel)*, vol. 11, no. 20, p. 3415, Oct. 2022, doi: 10.3390/electronics11203415.
- [9] D. Ionescu *et al.*, "Communication and Control of an Assembly, Disassembly and Repair Flexible Manufacturing Technology on a Mechatronics Line Assisted by an Autonomous Robotic System," *Inventions*, vol. 7, no. 2, p. 43, Jun. 2022, doi: 10.3390/inventions7020043.

- [10] W.-L. Mao *et al.*, "Integration of Deep Learning Network and Robot Arm System for Rim Defect Inspection Application," *Sensors*, vol. 22, no. 10, p. 3927, May 2022, doi: 10.3390/s22103927.
- [11] M. Ayaida, N. Messai, F. Valentin, and D. Marcheras, "TalkRoBots: A Middleware for Robotic Systems in Industry 4.0," *Future Internet*, vol. 14, no. 4, p. 109, Mar. 2022, doi: 10.3390/fi14040109.
- [12] D. Mišković, L. Milić, A. Čilag, T. Berisavljević, A. Gottscheber, and M. Raković, "Implementation of Robots Integration in Scaled Laboratory Environment for Factory Automation," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 3, p. 1228, Jan. 2022, doi: 10.3390/app12031228.
- [13] M. Rothhaupt, L. Vogt, and L. Urbas, "Strategies for Software and Hardware Compatibility Testing in Industrial Controllers," *Processes*, vol. 12, no. 3, p. 580, Mar. 2024, doi: 10.3390/pr12030580.
- [14] Z. Wang, Y. Zhang, Y. Chen, H. Liu, B. Wang, and C. Wang, "A Survey on Programmable Logic Controller Vulnerabilities, Attacks, Detections, and Forensics," *Processes*, vol. 11, no. 3, p. 918, Mar. 2023, doi: 10.3390/pr11030918.
- [15] É. Siboulet, L. Pottier, T. Ranger, and B. Riera, "Fresh Approaches for Structured Text Programmable Logic Controllers Programs Verification," *Processes*, vol. 11, no. 3, p. 687, Feb. 2023, doi: 10.3390/pr11030687.
- [16] L. Büsch *et al.*, "HyPLANT100: Industrialization from Assembly to the Construction Site for Gigawatt Electrolysis," *Hydrogen*, vol. 5, no. 2, pp. 185–208, Apr. 2024, doi: 10.3390/hydrogen5020012.
- [17] M. Kaššaj and T. Peráček, "Synergies and Potential of Industry 4.0 and Automated Vehicles in Smart City Infrastructure," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 9, p. 3575, Apr. 2024, doi: 10.3390/app14093575.
- [18] R. Goldiez, "ROBOTS MANIPULADORES: FUNCIÓN, PRINCIPALES USOS Y VENTAJAS," Universal Robots . Accessed: Jun. 03, 2024. [Online]. Available: <https://www.universal-robots.com/mx/blog/robots-manipuladores-funci%C3%B3n-principales-usos-y-ventajas/>

- [19] ABB, “YuMi Creando juntos un futuro automatizado,” ABB. Accessed: Jun. 04, 2024. [Online]. Available: <https://new.abb.com/products/robotics/es/robots/robots-colaborativos/yumi-portal/yumi---irb-14000-robot-colaborativo>
- [20] ABB, “CONTROL DE ROBOTS Y SISTEMAS SENSORIALES,” ABB. Accessed: Jun. 04, 2024. [Online]. Available: https://www.infopl.net/files/descargas/abb_robotica/infoPLC_net_Ejemplo_Rapid.pdf
- [21] SDI, “Tipos de bandas transportadoras,” SDI. Accessed: Jun. 04, 2024. [Online]. Available: <https://sdindustrial.com.mx/blog/tipos-de-bandas-transportadoras/>
- [22] Electronic Board, “Botones industriales,” Electronic Board. Accessed: Jun. 04, 2024. [Online]. Available: <https://www.electronicboard.es/botones-industriales/>
- [23] Chemik Group, “Tipos de programación en PLC,” Chemik Group. Accessed: Jun. 04, 2024. [Online]. Available: <https://www.chemik.es/blog/tipos-de-programacion-en-plc/>
- [24] IBM, “¿Qué es la Industria 4.0?,” IBM. Accessed: Jun. 04, 2024. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/mx-es/topics/industry-4-0>
- [25] Sicma21, “Qué es un HMI y cómo funciona,” Sicma21. Accessed: Jun. 04, 2024. [Online]. Available: <https://www.sicma21.com/que-es-un-hmi-y-como-funciona/>
- [26] SDI, “¿Qué son los relevadores?,” SDI. Accessed: Jun. 04, 2024. [Online]. Available: <https://sdindustrial.com.mx/blog/relevadores/>

Anexos

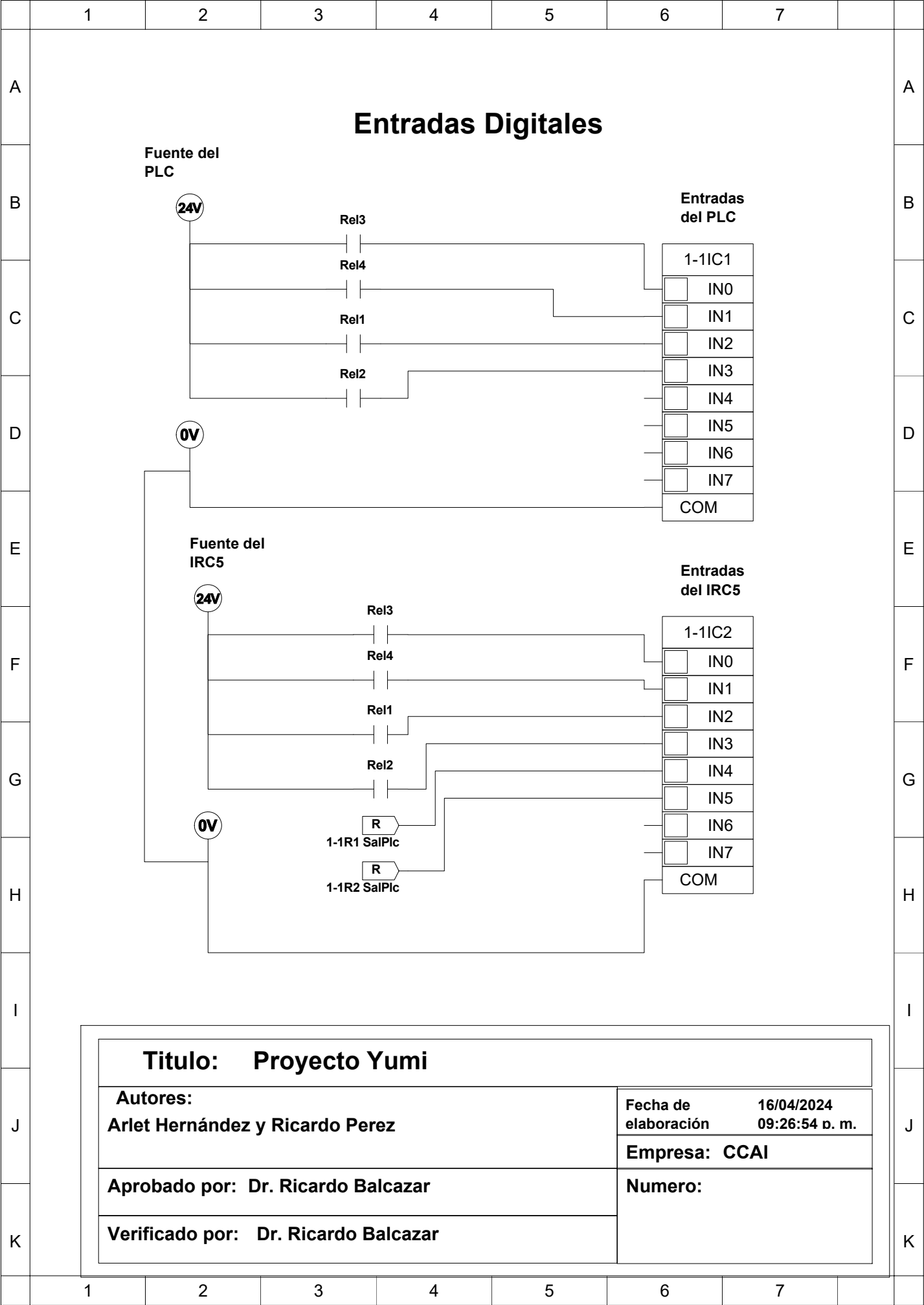
Dirección del módulo						
Dirección IP	192.168.1.3					
Máscara de subred:	255.255.255.0					
Pasarela predeterminada	192.168.1.0					
Conexión1 (Servidor)						
Propiedades locales(Servidor) TSAP 02.00 Conectar con un panel de operador (OP) Aceptar todas las solicitudes de conexión						
Propiedades remotas(Cliente) TSAP 02.00						
Autor:	R. Balcazar, A. Hernandez, D. Chavarria, R. Perez, D. Ambros	CCAI	Proyecto:	Proyecto YUMI	Cliente:	
Comprobado:	R. Balcazar		Instalación:		Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	7/12/23 18:27/22/04/24 14:27		archivo:	proyecto yumi version3.Ild	Página:	1 / 4



Autor:	R. Balcazar, A. Hernandez, D. Chavarria, R. Perez, D. Ambros	CCAI	Proyecto:	Proyecto YUMI	Cliente:	
Comprobado:	R. Balcazar		Instalación:		Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	7/12/23 18:27/22/04/24 14:27		archivo:	proyecto yumi version3.lld	Página:	2 / 4

Conector	Rotulación
I1	
I2	
I3	
I4	
I5	
NI1	
NI2	
M1	
M2	
M3	
M4	
M5	
Q1	
Q2	





Titulo: Proyecto Yumi

Autores:
Arlet Hernández y Ricardo Perez

Fecha de elaboración 16/04/2024 09:26:54 p. m.

Empresa: CCAI

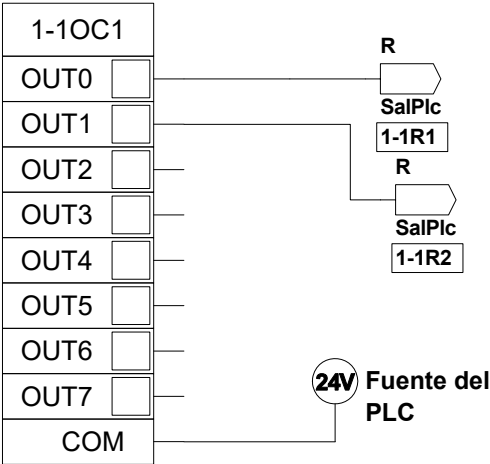
Aprobado por: Dr. Ricardo Balcazar

Numero:

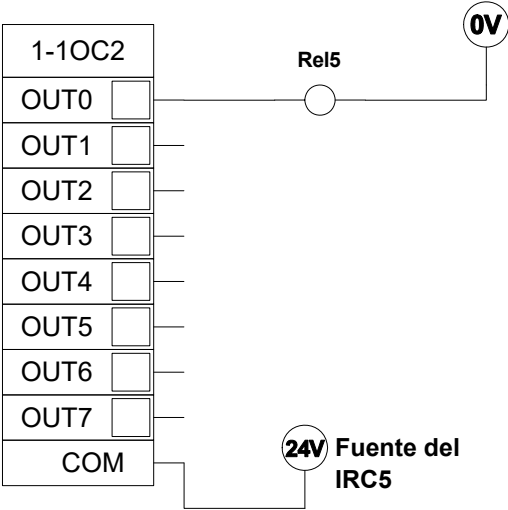
Verificado por: Dr. Ricardo Balcazar

Salidas Digitales

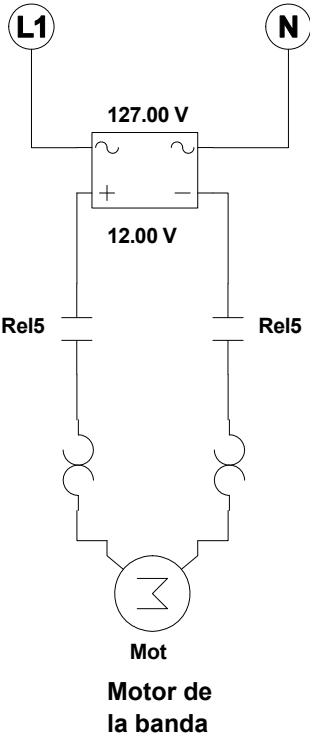
Salida
del PLC



Salida
del IRC5



Circuito de fuerza para el motor de la banda



Titulo: Proyecto Yumi

Autores:

Arlet Hernández y Ricardo Perez

**Fecha de
elaboración**

**16/04/2024
09:26:54 p. m.**

Empresa: CCAI

Aprobado por: Dr. Ricardo Balcazar

Numero:

Verificado por: Dr. Ricardo Balcazar

