

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el proyecto de grado titulado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CELDA DE MANUFACTURA PARA EL SISTEMA ROBÓTICO CRS A255 DEL LABORATORIO DE ROBÓTICA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**”, ha sido desarrollado en su totalidad por la Srta. Natali Almeida Arteaga con CI 171913166-4 y el Sr. José Luis Naranjo Moreno con CI. 060333609-0, bajo nuestra dirección:

Ing. Hugo Ortiz

Director

Ing. Pablo Sevilla

Codirector

RESUMEN

El presente proyecto de tesis trata del Diseño e Implementación de una Celda de Manufactura para el Sistema Robótico CRS A255 del Laboratorio de Robótica de la ESPE. La arquitectura propuesta está destinada a simular un proceso de producción industrial llevado a cabo en varias etapas en diferentes estaciones. Para la integración de todos los elementos de la celda de manufactura es necesario un controlador central, por lo que se ha utilizado un PLC y se ha construido un módulo de comunicaciones para el Controlador C500 del robot con la finalidad de interactuar con señales externas que intervienen a lo largo del proceso utilizando el puerto de entradas y salidas de propósito general GPIO.

El trabajo principal a realizarse dentro de la celda es la simulación del procesamiento de materia prima para lo cual se cuenta con las siguientes estaciones: Distribución, Proceso, Control de Calidad, Almacenamiento y Desecho, de tal manera que se cumplan los principios básicos del concepto de celda de manufactura que son: Flexibilidad, Reconfigurabilidad y Tolerancia a Fallas.

El proceso tiene como elemento manipulador a un brazo robótico que interactúa en todas las estaciones y que procesa datos por medio de su controlador, todo el proceso debe ser asistido por un PLC que se encarga de intercambiar señales con el sistema robótico para poder llevar a cabo el proceso de manufactura con eficiencia.

Con los recursos que tiene la celda de manufactura se pueden realizar variantes al proceso logrando obtener varias aplicaciones con un mismo equipo, ejecutando y proponiendo prácticas para que sean desarrolladas por los usuarios de la celda.

El presente proyecto de tesis proporciona una herramienta didáctica a los estudiantes de Ingeniería Electrónica con el objetivo de que adquieran mayor experiencia en este campo, alcanzando un conocimiento más amplio en lo referente a técnicas de control y equipos utilizados generalmente en procesos industriales que integran celdas de manufactura para su producción.

Dedicatoria

Los sueños jamás podrían materializarse sin el impulso, amor y dedicación de personas muy importantes que nunca dejaron de brindarme su apoyo incondicional, hasta poder alcanzar uno de mis logros, agradezco y dedico este trabajo a Dios por darme la fuerza necesaria para no rendirme, a mi madre por siempre confiar en mí, a mi padre por enseñarme el valor de la educación, y que con su ejemplo me ha guiado para ser una persona de bien, a mis hermanos, tíos Abel, Adriana, Rodrigo, Carmita y Abelito por siempre mantener su apoyo, a todos mis amigos que fueron un gran soporte en mi vida, porque todos colaboraron en diferentes maneras para que hoy pueda culminar con una meta más en mi vida

Con Cariño

Natali Almeida

Dedicatoria

Todo el esfuerzo y trabajo puesto en este proyecto de tesis va dedicado a mi familia, ya que la consecución de este triunfo ha sido gracias al apoyo y confianza que han depositado en mí. De manera especial quiero dedicar este trabajo a mis padres Marujita y Leonardo por todo el esfuerzo que han hecho para que yo llegue a ser alguien en la vida, por que gracias a ellos he podido alcanzar el sitio donde me encuentro y por que todos los consejos y valores que me han inculcado, me han servido para salir adelante.

Les quiero mucho

José Luis Naranjo Moreno

Agradecimiento

Este trabajo representa la división entre una etapa muy enriquecedora y el camino que el tiempo obliga en toda experiencia universitaria, la conclusión de la tesis. Ha habido personas que merecen las gracias porque sin su valiosa aportación no hubiera sido posible este proyecto. Agradezco con todo el corazón a mi Dios todopoderoso porque siempre a sido el motor que ha guiado mi vida, por haberme brindado la capacidad de soñar y por haberme regalado la oportunidad de alcanzar este sueño, a mis padres Marco e Isabel, por cuidarme y guiarme con el amor que solo ellos pueden ser capaces de brindar, a mis hermanos Víctor, Diana, Alexis y Genito porque siempre han sido y serán mis mejores amigos incondicionales, quiero agradecer de manera muy especial a mis tíos Abel y Adriana quienes siempre han confiado en mi y nunca dejaron de brindarme su apoyo incondicional, quiero agradecer a mi compañero de tesis, Pepin pues juntos hemos alcanzado este triunfo, que espero sea el primero de muchos más, gracias por ser un gran amigo en el que puedo confiar , a mis profesores quienes han compartido con nosotros su conocimiento y amor por la electrónica, especialmente al Ing. Hugo Ortiz que nos brindo todo su apoyo en la realización de este trabajo, Finalmente de manera muy especial quiero agradecer a Jorge, por dejar una huella imborrable en mi vida, tu has sido fuente de alegría, apoyo y cariño en muchos momentos difíciles.

Con Amor

Natali Almeida

Agradecimiento

Hoy que culmina mi carrera universitaria quiero expresar mi agradecimiento primero a Dios por todas las cosas buenas y malas que me han tocado pasar durante estos cinco años, quiero agradecer a mis padres por todo el apoyo que me han brindado, por haberme dado una segunda oportunidad de ser alguien en la vida y por que nunca dejaron de tener confianza en mi. Quiero agradecer a mi hermana Clarita por todo su apoyo y por que ha sido como una segunda madre para mi todo este tiempo, a mi hermano Oswaldo que aunque tomemos rumbos distintos en la vida sé que estará en el momento justo para apoyarme y en general quiero agradecer a toda mi familia por haber estado pendientes de mi y por haberme brindado su voz de aliento.

Extiendo mi agradecimiento a Natha, mi compañera de tesis, por que gracias a su dedicación y perseverancia este proyecto ha dado verdaderos frutos y a todos mis amigos con los que he compartido mi vida universitaria, que sienten este triunfo como suyo y sé que todos estos años hubieran sido distintos sin ellos.

Finalmente quiero agradecer a alguien muy especial en mi corazón, a una persona que cambió mi vida con su sola presencia y que ha estado a mi lado para escucharme y brindarme todo su amor en este largo trayecto, gracias por permitirme estar a tu lado.

Te quiero mucho Paola...

José Luis Naranjo Moreno

PRÓLOGO

La automatización y control de procesos es una rama de la ingeniería electrónica que más ha evolucionado en los últimos años, la industria en general no puede prescindir de los sistemas autónomos para el trabajo en sus plantas de producción y el conocimiento del área de automatización de procesos en sus diversas técnicas se hace primordial, por todo esto es necesario que un estudiante de ingeniería reciba el debido entrenamiento y experimentación en este campo con el fin de que adquiera una mejor preparación para su futura vida profesional.

El presente proyecto de tesis trata del diseño e implementación de un sistema de manufactura flexible computarizado para el laboratorio de robótica de la ESPE, con el objetivo de que sea utilizado para realizar prácticas en los cursos de Robótica, PLCs y Control de Procesos.

Con este trabajo se proporciona una nueva aplicación al sistema robótico CRS A255 optimizando su uso y aprovechando mejor sus recursos, además es el deseo de los estudiantes que trabajan en este proyecto el de contribuir con la Escuela Politécnica del Ejército y particularmente con el Departamento de Eléctrica y Electrónica al aportar con una herramienta de simulación para los estudiantes de la carrera de Electrónica en Automatización y Control, brindándoles una preparación mas práctica y acorde a las tecnologías y tendencias utilizadas actualmente en el control de procesos en el país.

Por otro lado, este prototipo de Celda de Manufactura servirá de base para la construcción de tres celdas de manufactura para los demás brazos del laboratorio de robótica, suministrando la documentación necesaria para su diseño y fabricación según los resultados obtenidos al concluir este proyecto.

El diseño e implementación de la celda de manufactura se centra en la creación de un proceso flexible con el objetivo de que ofrezca variantes en su funcionamiento para que los usuarios desarrollen procesos alternos a partir de los recursos que ofrece la celda de manufactura, de manera complementaria se ha desarrollado una interfaz de monitoreo del proceso para que pueda ser controlado y visualizado desde un computador.

Se han elaborado planos de la estructura física de la celda de manufactura y de cada uno de los elementos que la conforman, además se han elaborado los esquemas para la instalación y conexión de sensores, motores, piezas y otros dispositivos necesarios dentro del proceso a simular y adicionalmente se detallan los materiales requeridos para la construcción de la celda de manufactura con sus respectivas especificaciones.

Finalmente se proporciona una memoria técnica de la celda de manufactura, la cual contiene la información del diseño, implementación, funcionamiento y demás aspectos importantes a tener en cuenta en el sistema al momento de su operación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 ALCANCE DEL PROYECTO.....	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	4
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 INTRODUCCIÓN.....	6
2.2 CELDAS DE MANUFACTURA	7
2.2.1 Composición de Celdas de Manufactura	8
2.2.2 Estaciones de una Celda de Manufactura	9
2.2.3 Celda de Manufactura para el Laboratorio de Robótica de la ESPE.....	11
2.2.4 Proceso a Seguir en la Celda de Manufactura.....	12
2.3 SISTEMAS ROBÓTICOS.....	13
2.3.1 Clasificación de los Sistemas Robóticos.....	15
2.3.2 Programación de los Sistemas Robóticos	18
2.4 SISTEMA ROBÓTICO CRS A255	19
2.4.1 Componentes Básicos	19
2.4.2 Descripción del Brazo Mecánico.....	20
2.4.3 Espacio de Trabajo del Brazo Robótico	21
2.4.4 Grippers.....	23
2.4.5 Control de Movimientos del Brazo Robótico	25
2.4.6 Controlador del Sistema Robótico CRS A255.....	27
2.4.7 Entradas y Salidas Externas	29
2.4.8 Comunicaciones	30
2.4.9 Lenguaje de Programación.....	30
2.4.10 Lista de Instrucciones	31
CAPÍTULO III	33
DISEÑO DE CELDAS DE MANUFACTURA	33
3.1 COMPOSICIÓN DE LA CELDA DE MANUFACTURA.....	35
3.1.1 Proceso a Llevarse a Cabo en la Celda de Manufactura.....	36
3.2 DISEÑO ESTRUCTURAL	37
3.2.1 Geometría de la Materia Prima de la Estación de Distribución	37
3.2.2 Geometría del Sistema de Distribución	40
3.2.3 Geometría de la Estación de Procesamiento	47
3.2.4 Geometría de la Banda Transportadora	50
3.2.5 Geometría de la Estación de Almacenamiento	52
3.3 DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	53
CAPÍTULO IV	61
CONSTRUCCIÓN, IMPLEMENTACION E INTEGRACIÓN DE LA CELDA DE MANUFACTURA.....	61
4.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES	61
4.1.1 Computador.....	61
4.1.2 PLC MODICON MICRO 61200.....	62
4.1.3 Sistema Robótico CRS A255	63

4.1.4	Sensores Inductivos IF-2004-FRKG	64
4.2	CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA CELDA DE MANUFACTURA.....	66
4.2.1	Módulo de entradas y salidas del puerto GPIO.....	66
4.2.2	Banda Transportadora.....	68
4.2.3	Mesa Centrífuga	69
4.2.4	Distribuidor de Materia Prima.....	70
4.2.5	Matriz de Almacenamiento de Producto Terminado.....	71
4.2.6	Distribuidor de Vasos para Sustancias Reactivas.....	71
4.2.7	Depósito para Desecho	72
4.3	CONSTRUCCIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA CELDA DE MANUFACTURA.....	72
4.3.1	Construcción de la Estación de Distribución de Materia Prima.....	73
4.3.2	Construcción de la Estación de Procesamiento.....	74
4.3.3	Construcción de la Estación de Control de Calidad	76
4.3.4	Construcción de la Estación de Almacenamiento	77
4.3.5	Construcción de la Estación de Transporte.....	78
4.3.6	Construcción de la Estación de Desecho	79
4.4	UBICACIÓN DE ESTACIONES EN LA CELDA DE MANUFACTURA	80
4.5	INTEGRACIÓN DE LA CELDA DE MANUFACTURA.....	82
4.5.1	Instalaciones Para la Estación de Procesamiento	82
4.5.2	Instalaciones Para la Estación de Control de Calidad	83
4.5.3	Instalaciones Para la Estación de Transporte.....	83
4.5.4	Instalaciones Para el PLC	83
4.5.5	Conexiones del Módulo de I/O del Puerto GPIO.....	85
CAPÍTULO V.....		88
DESARROLLO DE PRÁCTICAS.....		88
5.1	PRÁCTICA 1	89
MEZCLA DE SUSTANCIAS REACTIVAS		89
5.1.1	Objetivos	89
5.1.2	Descripción de la Práctica.....	89
5.1.3	Descripción del Proceso a Controlar	90
5.1.4	Desarrollo de la Práctica	91
5.2	PRÁCTICA 2:.....	95
PROCESAMIENTO DE MATERIA PRIMA		95
5.2.1	Objetivos	95
5.2.2	Descripción de la Práctica.....	95
5.2.3	Descripción del Proceso a Controlar	96
5.2.4	Desarrollo de la Práctica	98
5.3	PLANTEAMIENTO DE PRÁCTICAS	104
5.3.1	PRÁCTICA 3	105
Distribución, Procesamiento y Almacenamiento de Materia Prima		105
5.3.2	PRÁCTICA 4	108
Control de Calidad del Producto Procesado		108
5.3.3	PRÁCTICA 5	111
Abastecimiento de Materia Prima a la Estación de Distribución		111
CONCLUSIONES		114
RECOMENDACIONES		116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		118
ANEXOS.....		120

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

Tabla 2. 1 Características del Brazo Mecánico	21
Tabla 2. 2 Descripción de los Movimientos de un Gripper	23
Tabla 2. 3 Características de los Grippers.....	24
Tabla 2. 4 Lista de Instrucciones en ROBCOMM	31

CAPÍTULO III

Tabla 3. 1 Codificación de la Mesa Centrífuga	47
Tabla 3. 2 Especificaciones del Módulo de I/O del Puerto GPIO.....	55
Tabla 3. 3 Pines Utilizados para entradas en el Módulo de I/O del Puerto GPIO.....	57
Tabla 3. 4 Pines Utilizados para entradas en el Módulo de I/O del Puerto GPIO.....	58
Tabla 3. 5 Materiales Utilizados en la Implementación del Módulo de I/O del Puerto GPIO	60

CAPÍTULO IV

Tabla 4. 1 Número de I/O del PLC micro modicon 61200.....	63
Tabla 4. 2 Especificaciones del Sensor IF-2004-FRKG	65
Tabla 4. 3 Asignación de las Entradas del Módulo de I/O del Puerto GPIO.....	85
Tabla 4. 4 Asignación de las Salidas del Módulo de I/O del Puerto GPIO	85

CAPÍTULO V

Tabla 5. 1 Codificación de la Mesa Centrífuga.....	90
Tabla 5. 2 Conexiones del Controlador C500	93
Tabla 5. 3 Codificación de la Mesa Centrífuga.....	97
Tabla 5. 4 Conexiones del PLC	100
Tabla 5. 5 Conexiones del Controlador C500	101
Tabla 5. 6 Codificación de Bits para la Transmisión de Datos del PLC al Controlador ..	102
Tabla 5. 7 Codificación de Bits para la Transmisión de Datos del Controlador al PLC ..	102
Tabla 5. 8 Descripción de las Subrutinas Utilizadas para el Proceso de Manufactura.....	103
Tabla 5. 9 Conexiones del Controlador C500 para la Práctica 3.....	106
Tabla 5. 10 Subrutinas Guía para el Desarrollo de la Práctica 3.....	107
Tabla 5. 11 Conexiones del Controlador C500 para la Práctica 4.....	109
Tabla 5. 12 Subrutinas Guía para el Desarrollo de la Práctica 4.....	110
Tabla 5. 13 Subrutinas Guía para el Desarrollo de la Práctica 5.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. 1. Diagrama de Bloques de la Celda de Manufactura.....	5
--	---

CAPÍTULO II

Figura 2. 1. Bloques de una Celda de Manufactura.....	7
Figura 2. 2. Estación de Distribución.....	9
Figura 2. 3. Estación de Procesamiento.....	10
Figura 2. 4. Estación de Transporte.....	10
Figura 2. 5. Celda de Manufactura Completa.....	11
Figura 2. 6. Diagrama de un Sistema SCADA.....	12
Figura 2. 7. Robot de Coordenadas Cartesianas.....	15
Figura 2. 8. Robot de Coordenadas Cilíndricas.....	16
Figura 2. 9. Robot de Coordenadas Esféricas.....	17
Figura 2. 10. Robot Articulado.....	17
Figura 2. 11. Sistema Robótico CRS A255.....	20
Figura 2. 12. Movimientos del Brazo Mecánico.....	21
Figura 2. 13. Espacio de Trabajo (Vista Aérea).....	22
Figura 2. 14. Espacio de Trabajo (Vista Lateral).....	22
Figura 2. 15. Movimientos Básicos de un Gripper.....	23
Figura 2. 16. Grippers PGR 112/3 y SGRIP.....	24
Figura 2. 17. Dimensiones del Servomotor EG&G M2110.....	25
Figura 2. 18. Funcionamiento de un Codificador Óptico.....	26
Figura 2. 19. Principio del Mecanismo Armónico.....	27
Figura 2. 20. Tráfico de Datos del Sistema Robótico CRS A255.....	28
Figura 2. 21. Controlador C500 (Vista Frontal).....	28
Figura 2. 22. Conector DD50S (GPIO).....	29
Figura 2. 23. Conector DD25S (SYSIO).....	29

CAPÍTULO III

Figura 3. 1. Modelo de una Celda de Manufactura.....	34
Figura 3. 2. Geometría del Cilindro.....	38
Figura 3. 3. Vista Superior y Lateral del Cilindro (Dimensiones en cm.).....	38
Figura 3. 4. Geometría del Rectángulo.....	39
Figura 3. 5. Vista Superior y Lateral del Rectángulo (Dimensiones en cm.).....	39
Figura 3. 6. Geometría del Cubo.....	40
Figura 3. 7. Vista Superior y Lateral del Cubo (Dimensiones en cm.).....	40
Figura 3. 8. Geometría del Depósito de Cilindros.....	41
Figura 3. 9. Vista Superior del Depósito de Cilindros (Dimensiones en cm.).....	42
Figura 3. 10. Vista Lateral del Depósito de Cilindros (Dimensiones en cm.).....	42
Figura 3. 11. Características del Depósito de Rectángulos.....	43

Figura 3. 12. Vista Superior del Depósito de Rectángulos (Dimensiones en cm.).....	44
Figura 3. 13. Vista Lateral del Depósito de Rectángulos (Dimensiones en cm.).....	44
Figura 3. 14. Características del Depósito de Cubos	45
Figura 3. 15. Vista Superior del Depósito de Cubos (Dimensiones en cm.).....	46
Figura 3. 16. Vista Lateral del Depósito de Cubos (Dimensiones en cm.).....	46
Figura 3. 17. Geometría de la Mesa Centrífuga	47
Figura 3. 18. Vista Superior de la Mesa Centrífuga (Dimensiones en cm.)	48
Figura 3. 19. Vista Lateral de la Mesa Centrífuga (Dimensiones en cm.).....	48
Figura 3. 20. Vista de la Codificación de la Mesa Centrífuga	49
Figura 3. 21. Ubicación de la Mesa Para Recibir una Pieza	49
Figura 3. 22. Geometría de la Banda Transportadora.....	50
Figura 3. 23. Partes de la Banda Transportadora.....	50
Figura 3. 24. Vista Superior de la banda Transportadora (Dimensiones en cm.).....	51
Figura 3. 25. Vista Lateral de la banda Transportadora (Dimensiones en cm.).....	51
Figura 3. 26. Geometría de la Estación de Almacenamiento	52
Figura 3. 27. Vista Frontal de la Estación de Almacenamiento (Dimensiones en cm.)	52
Figura 3. 28. Vista Isométrica de la Estación de Almacenamiento (Dimensiones en cm.)	53
Figura 3. 29. Circuito Interno del Puerto GPIO	54
Figura 3. 30. Circuito de Conexión del PLC al controlador.....	55
Figura 3. 31. Circuito de Conexión del Controlador al PLC.....	56
Figura 3. 32. Módulo de I/O del Puerto GPIO (Conexiones de Entrada).....	56
Figura 3. 33. Módulo de I/O del Puerto GPIO (Conexiones de Salida)	57
Figura 3. 34. Dimensiones del Módulo de I/O del Puerto GPIO (Dimensiones en cm.).....	58
Figura 3. 35. Módulo de I/O del Puerto GPIO (Vista Lateral Derecha) (Dimensiones en cm.)	59
Figura 3. 36. Módulo de I/O del Puerto GPIO (Vista Lateral Izquierda) (Dimensiones en cm.)	59

CAPÍTULO IV

Figura 4. 1. Plc micro modicon 61200.....	62
Figura 4. 2. Robot CRS A255	64
Figura 4. 3. Robot CRS A255	64
Figura 4. 4. Sensor inductivo.....	65
Figura 4. 5. NTE3098	66
Figura 4. 6. 2N3904	67
Figura 4. 7. Módulo de I/O del Puerto GPIO	67
Figura 4. 8. Banda Transportadora	69
Figura 4. 9. Mesa Centrífuga.....	69
Figura 4. 10. Reductor de Velocidad	70
Figura 4. 11. Distribuidor de Piezas	70
Figura 4. 12. Matriz de Almacenamiento.....	71
Figura 4. 13. Distribuidor de Vasos.....	71
Figura 4. 14. Bloque de Desecho	72
Figura 4. 15. Base de la Estructura	73
Figura 4. 16. Estación de Distribución.....	73
Figura 4. 17. Piezas Geométricas	74
Figura 4. 18. Estación de Proceso.....	75
Figura 4. 19. Ubicación Sensores Inductivos	76
Figura 4. 20. Estación de Control de Calidad.....	77

Figura 4. 21. Estación de Almacenamiento.....	77
Figura 4. 22. Acople de Distribuidor	78
Figura 4. 23. Vasos	78
Figura 4. 24. Estación de transporte.....	79
Figura 4. 25. Estación de desecho	79
Figura 4. 26. Ubicación de las estaciones	80
Figura 4. 27. Diagrama de Conexiones del PLC	84
Figura 4. 28. Diagrama de Conexiones del Módulo del puerto GPIO.....	86
Figura 4. 29. Diagrama de Conexiones Interno del Módulo del puerto GPIO.....	87

CAPÍTULO V

Figura 5. 1. Elementos para la Mezcla de Sustancias – Práctica 1	90
Figura 5. 2. Procedimiento de Mezcla de Sustancias.....	91
Figura 5. 3. Diagrama de Flujo para la Mezcla de Sustancias	92
Figura 5. 4. Diagrama de Conexiones del Módulo de Entradas y Salidas del puerto GPIO con los Dispositivos que Intervienen en la Práctica	93
Figura 5. 5. Producto Final de la Mezcla de Sustancias	94
Figura 5. 6. Elementos para el Procesamiento de Materia Prima - Práctica 2	96
Figura 5. 7. Diagrama de Flujo para el Procesamiento de Materia Prima	99
Figura 5. 8. Arquitectura de Control de la Celda de Manufactura	100
Figura 5. 9. Estación de Almacenamiento al Finalizar el Proceso	103
Figura 5. 10. Estación de Desecho al Finalizar el Proceso	104

ÍNDICE DE HOJAS TÉCNICAS

- ANEXO 1: Manual de Usuario, Software y Hardware de Control para la Práctica 2
- ANEXO 2: Software de Control para la Práctica 1
- ANEXO 3 Datasheet Fototransistor 3098
- ANEXO 4: Datasheet Transistor 2N3904
- ANEXO 5: Datasheet PLC Modicom Micro 61200
- ANEXO 6: Conexión de Entradas y Salidas del PLC Modicom Micro 61200
- ANEXO 7: Datasheet Sensor Inductivo IF-2004-FRKG
- ANEXO 8: Datasheet Sistema Robótico CRS – A255
- ANEXO 9: Diagrama de Conexiones de la Celda de Manufactura

GLOSARIO

Arquitectura SCADA: Los sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) son aplicaciones de software, diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos.

CRS A255: Brazo Robótico Industrial.

C500: Controlador del brazo robótico, que permite la comunicación entre el brazo mecánico y el software de control.

Elementos Actuadores: Elementos que pueden ser de tipo eléctrico mecánico o hidráulicos.

Flexibilidad: Adaptabilidad a cambios en el ambiente, tales como el reemplazo o incorporación de nuevos elementos en la celda.

GPIO: Puerto de entradas y salidas de propósito general, permite al controlador C500 interactuar con eventos externos. Tiene 50 pines.

Grippers: Efectores finales de un robot, las herramientas de fin de brazo o pinzas son muy importantes en la industria de la robótica ya que son las encargadas de realizar tareas similares a las que realizan las manos de los humanos deben ser capaces de captar, presionar, levantar y liberar una parte o una familia de partes requeridas por el proceso de manufactura.

Grados de Libertad: Uno de los varios componentes ortogonales que se pueden usar para caracterizar completamente el movimiento de un mecanismo o sistema mecánico.

HMI: Interfaz Humano-Máquina.

Intouch: Es un componente del Wonderware FactorySuite que permite la creación de manera rápida y fácil de las interfaces humano-máquina (HMI) en las aplicaciones para Microsoft Windows.

PLC: Controlador Lógico Programable.

PGR: Grippers de 2 dedos móviles, capaz de realizar movimientos angulares.

RAPL-II: Robotic Automation Programming Language – II.

RS232: Estándar serial propuesto por la EIA (Asociación de industrias electrónicas), es el sistema más común para la transmisión de datos entre ordenadores.

RS422: Estándar serial, que maneja comunicaciones a mayor velocidad y a distancias mayores que el estándar RS232.

SYSIO: Puerto del controlador C500 que maneja señales que realizan las mismas funciones de los botones del panel frontal y las luces indicadoras. Tiene 25 pines.

SGRIP: Gripper de 2 dedos móviles paralelos, capaz de medir objetos entre sus dedos.

Teach Pendant: Dispositivo para operación manual del sistema robótico CRS A255

Work Envelope: Entorno de trabajo del robot, es decir los alcances máximos en los que se puede operar el robot.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

Actualmente la industria del país está dando gran cabida a la modernización y automatización de sus procesos de trabajo, varios son los factores que han influido para que se dé esta transformación, como son las exigencias del mercado, la competencia, aumento de la producción, la necesidad de cumplir con normas, certificaciones y estándares tanto nacionales como internacionales con el objetivo de mejorar la calidad de los servicios y los productos, por ello es que la industria ecuatoriana ha tomado una tendencia de modernización de sus sistemas para cumplir con estas metas.

Los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica en Automatización y Control de la ESPE deben tener contacto y familiarización con dichos procesos para que puedan adquirir experiencia en el manejo de los sistemas electrónicos de automatización que se utilizan para este fin, entendiendo su composición, funcionamiento y demás parámetros necesarios para su posterior utilización.

Existen equipos en la Escuela Politécnica del Ejército que brindan las facilidades para realizar simulaciones de procesos de trabajo, uno de ellos es el Sistema Robótico CRS A255, sistema que el presente proyecto de grado pretende estudiar a fondo, en especial el Puerto de Entradas y Salidas de Propósito General GPIO.

El Puerto GPIO le proporciona al controlador del Robot C500 un canal de entrada y salida de señales para controlar un proceso que se lleva a cabo con el brazo

robótico, para realizar un sistema de control mas completo se puede implementar una interfaz gráfica HMI con las señales que maneja el puerto GPIO, esto implica la anexión al proyecto de un controlador lógico programable (PLC) para poder utilizar la Interfaz de Visualización (In Touch) y el uso de un protocolo de comunicación (ModBus por ejemplo) para enlazar los datos de la Interfaz HMI con el PLC, estos componentes son necesarios para poder monitorear y controlar el proceso realizado teniendo en cuenta alarmas, indicadores y otras variables del proceso.

El presente proyecto: **“Diseño e Implementación de una Celda de Manufactura para el Sistema Robótico CRS A255 del Laboratorio de Robótica de la Escuela Politécnica del Ejército”**, pretende abarcar la mayoría de asignaturas prácticas de la carrera de Automatización y Control (Robótica, PLCs, Informática Industrial, CIM, Control de Procesos, Control Industrial, etc.) con el objetivo de que sirva como una base de conocimientos y experiencia para los estudiantes de la facultad brindándoles una visión global de todo lo que implica la automatización y control de un proceso en el ámbito profesional.

1.2 ALCANCE DEL PROYECTO

Durante el transcurso del proyecto, se buscará diseñar e implementar un prototipo de Celda de Manufactura con el Sistema Robótico CRS A255 con su respectiva interfaz de monitoreo, basados en los conocimientos adquiridos al cursar la carrera de Ingeniería Electrónica en Automatización y Control.

Posterior al diseño global del proceso y previo a su implementación, se elaborarán los planos que definirán la estructura física de la celda de manufactura y las características de cada uno de los elementos que la conforman, además se realizarán los esquemas para la instalación y conexión de sensores, motores, piezas y otros dispositivos necesarios dentro del proceso a simular, de forma complementaria se detallará la lista de materiales requeridos para la construcción de la celda de manufactura con sus respectivas especificaciones.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar e implementar una celda de manufactura para el Sistema Robótico CRS A255 del Laboratorio de Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar la estructura física de una celda de manufactura que permita simular procesos de producción industrial.
- Diseñar e implementar un módulo de conexiones para entradas y salidas que interactúe con el Puerto GPIO y que permita el flujo de datos entre el controlador del robot y un PLC.
- Programar el controlador C500 del robot por medio del Software ROBCOMM para controlar el trabajo del brazo robótico según el proceso que se vaya a realizar en la celda de manufactura.
- Programar un PLC para que este sirva de enlace entre la celda de manufactura y una interfaz de visualización HMI, además de que se encargue del tráfico de datos entre los dispositivos electrónicos.
- Realizar una Interfaz HMI en In Touch que permita monitorear el proceso que se lleva a cabo en la Celda de Manufactura.
- Documentar todo el proceso de funcionamiento de la Celda de Manufactura en una memoria técnica que sirva de guía para la operación del sistema.

1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto propone la construcción de una celda de manufactura para que trabaje con el brazo robótico CRS A255 del Laboratorio de Robótica de la Escuela Politécnica del Ejército, elementos con los que se simulará un proceso de manufactura llevado a cabo en una industria. Para lograr cumplir los objetivos de este proyecto son necesarios otros elementos para complementar el proceso, para el control y monitoreo por medio de un computador se necesitará de un PLC y un software de visualización (In Touch) y para el tráfico de señales entre el robot, la celda de manufactura y el PLC se diseñará e implementará un módulo de entradas y salidas para el puerto GPIO del controlador del robot.

Es necesario el uso del puerto GPIO como enlace entre el controlador del robot, el PLC y la celda de manufactura, ya que hace posible intercambiar señales entre estos dispositivos para poder controlar el proceso que se realiza en la celda, de esta manera se puede dar a conocer la forma como se implementan los sistemas robóticos en los ambientes industriales.

Posterior a la implementación de la celda de manufactura con los demás dispositivos necesarios para llevar a cabo el proceso de manufactura, esta ha sido programada, sometida a pruebas y puesta a punto para la ejecución de dicho proceso asegurando su correcto funcionamiento.

Con el presente trabajo, los estudiantes de Ingeniería Electrónica cuentan con una herramienta de simulación de una planta de producción, que permite realizar prácticas que familiaricen al estudiante con los ambientes industriales en los que se trabaja profesionalmente.

Todas las aplicaciones que proporciona el sistema serán dadas a conocer conforme avance del trabajo, además se proponen soluciones y mejoras en caso de que aparezcan problemas o fallos durante el proceso. Los problemas más comunes que se pueden encontrar en el sistema están en la manipulación de objetos y en el tráfico de datos desde y hacia los dispositivos electrónicos.

La celda de manufactura, el Sistema Robótico CRS A255, el Puerto GPIO, el PLC Modicon Micro 61200 y demás dispositivos serán descritos en el presente documento, además se proporcionan los planos y diseños de las estaciones que conforman la celda de manufactura y se ha documentado la programación del PLC, del brazo robótico y de la Interfaz HMI.

La Figura 1.1 muestra un esquema de la celda de manufactura implementada para el Laboratorio de Robótica de la ESPE, además se muestran los componentes del sistema de control necesarios para su funcionamiento.

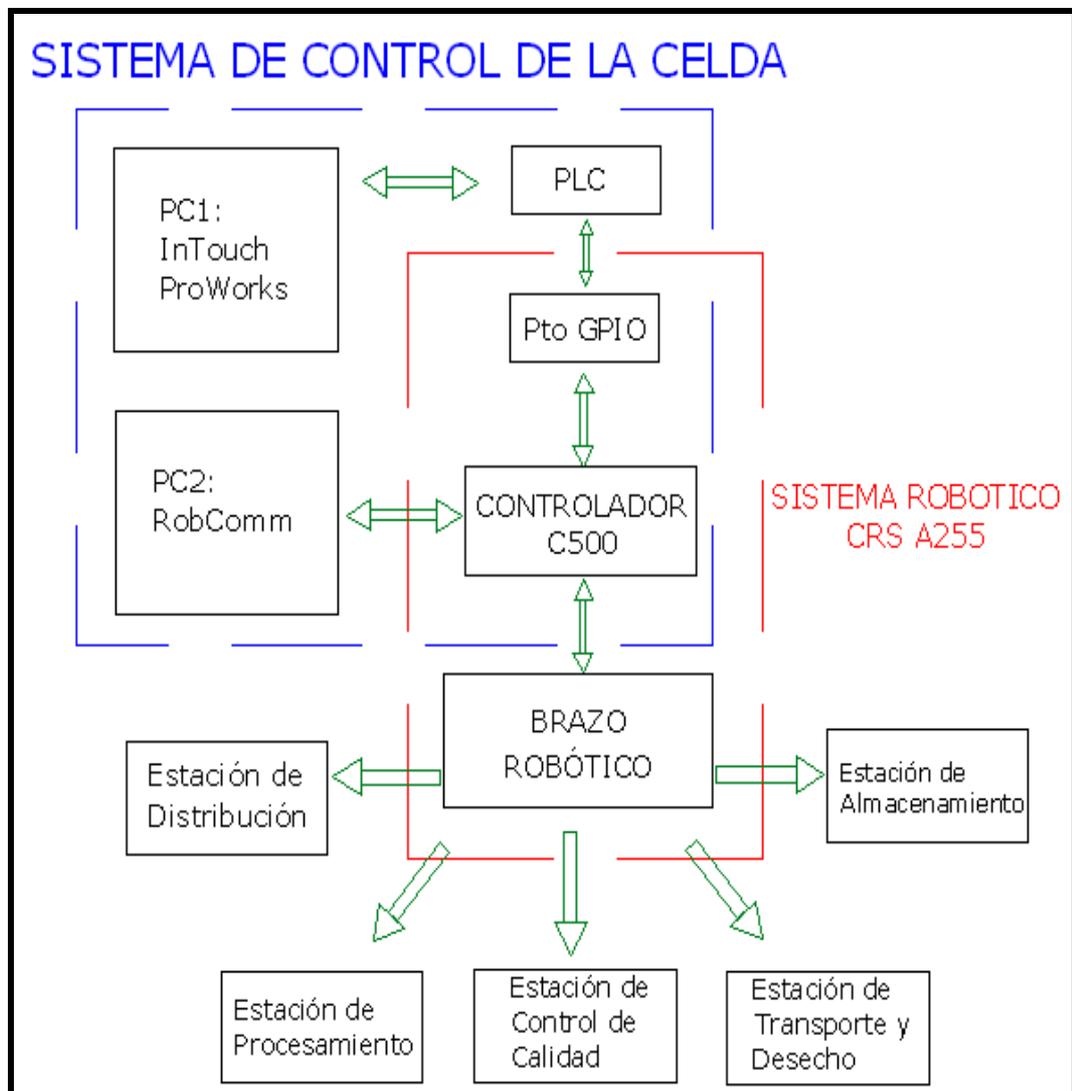


Figura 1. 1. Diagrama de Bloques de la Celda de Manufactura

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día las empresas tienden a automatizar sus plantas de producción por medio de la manufactura computarizada, el uso de tales sistemas permite obtener altos grados de eficiencia en la producción, mantener estándares elevados de calidad y la capacidad de realizar modificaciones a los procesos productivos para adecuarse a nuevas necesidades.

El presente trabajo investiga las consideraciones, parámetros, criterios de ingeniería y otros factores que son necesarios para diseñar e implementar una celda de manufactura, la cual simule un proceso que se lleva a cabo en una planta de producción real con sus diversas estaciones de trabajo, proporcionando a las personas que van a utilizar este equipo la familiarización con procesos de manufactura en el campo profesional.

Se busca brindar a los estudiantes de Ingeniería Electrónica de la ESPE una herramienta que suponga escenarios que se presentan al trabajar en una industria manufacturera, una arquitectura de control que permita supervisar, controlar y tomar datos del proceso, brindando todos los elementos que se manejan en un ambiente real, como son estaciones de trabajo, manejo de materia prima, sistemas de comunicación de datos, controladores, sensores, robots, etc. capacitando a los estudiantes en el campo de la automatización, control y supervisión de celdas de manufactura.

2.2 CELDAS DE MANUFACTURA

Una celda de manufactura como la que se muestra en la Figura 2.1 es un conjunto de componentes electromecánicos y electrónicos, que trabajan de manera coordinada para la fabricación de un producto en serie.

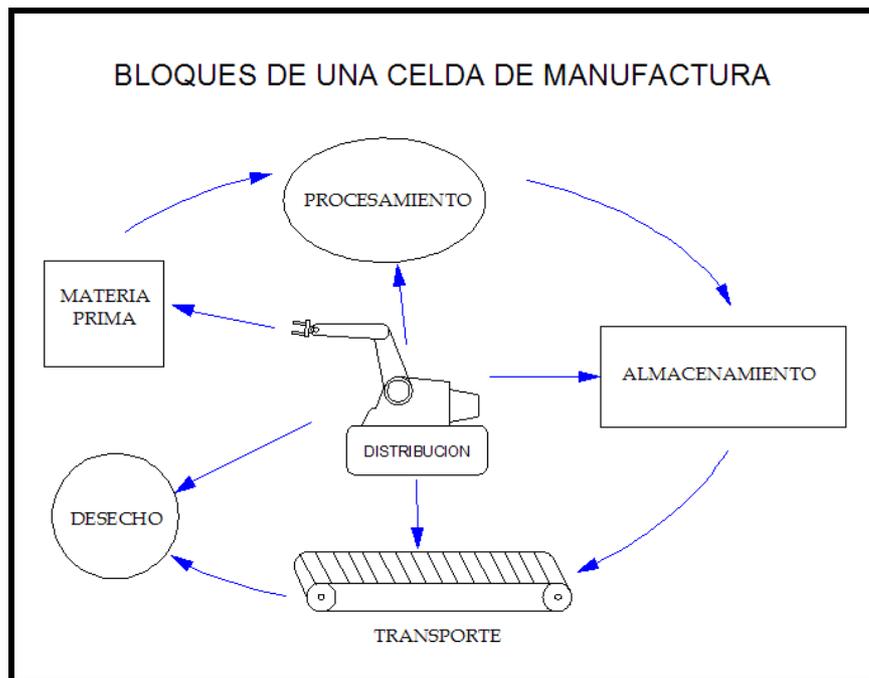


Figura 2. 1.Bloques de una Celda de Manufactura

El diseño de una celda de manufactura comprende identificar los elementos necesarios para cumplir el proceso, es decir que elementos van a ser necesarios para que se elabore el producto final, las dimensiones del área de trabajo, la ubicación de cada elemento dentro de la celda de manufactura, diagramas de conexión y comunicaciones, entre otros, teniendo en cuenta los problemas que pueden ir surgiendo conforme avanza su implementación.

Cada elemento al igual que toda la celda en conjunto debe cumplir con ciertas especificaciones o características que marcan la diferencia en rendimiento dentro de los sistemas de manufactura, entre las principales se tiene:

- **Flexibilidad:** Es la adaptabilidad a cambios en el ambiente, tales como el reemplazo o incorporación de nuevos elementos en la celda.
- **Reconfigurabilidad:** Es la capacidad de reestructuración de la celda tanto físicamente como en su programación, para poder realizar más de un proceso y diferentes productos, pudiendo aplicar nuevas tecnologías.
- **Tolerancia a Fallas:** Es la capacidad de que los dispositivos trabajen eficientemente aún cuando existan fallas.
- **Calidad:** Es el resultado, en el caso de un proceso automatizado se considera cuando existe mayor consistencia en la manufactura.
- **Aumento de Productividad:** Se dice cuando se logra reducir intervalos de tiempo importantes en un proceso.
- **Espacio Físico Reducido:** Se da cuando se incrementa la eficiencia del espacio de trabajo utilizado distribuyéndolo de mejor manera.

2.2.1 Composición de Celdas de Manufactura

Las celdas de manufactura están formadas por una o varias maquinas y otros elementos necesarios para cumplir con determinado trabajo que forma parte de un proceso completo de manufactura, garantizando la autonomía en un tiempo de trabajo considerable, el trabajo que se realiza en la celda generalmente es coordinado por un controlador lógico programable PLC y supervisado por medio de computadoras a través de un software de visualización, dentro de la celda también se cumplen tareas de coordinación del trabajo, transporte y almacenamiento de los productos, opcionalmente se realizan tareas complementarias como de control de calidad e inventariado del producto. Las fábricas totalmente automatizadas cuentan con un conjunto de celdas o líneas flexibles de manufactura que trabajan en conjunto con sistemas robóticos, todos estos sistemas y las tareas que se llevan a cabo en la planta son manejados por computadores, los cuales se encuentran interconectados al sistema que administra la producción de la planta según sus necesidades.

2.2.2 Estaciones de una Celda de Manufactura

- Estación de Distribución

Comprende un sistema que puede ser eléctrico, neumático, hidráulico o un depósito desde el cual se canaliza la materia prima hasta una próxima estación donde será manipulada. La Figura 2.2 muestra una estación de distribución que tiene como elementos principales una banda y un brazo que se encarga de proporcionar la materia al proceso.

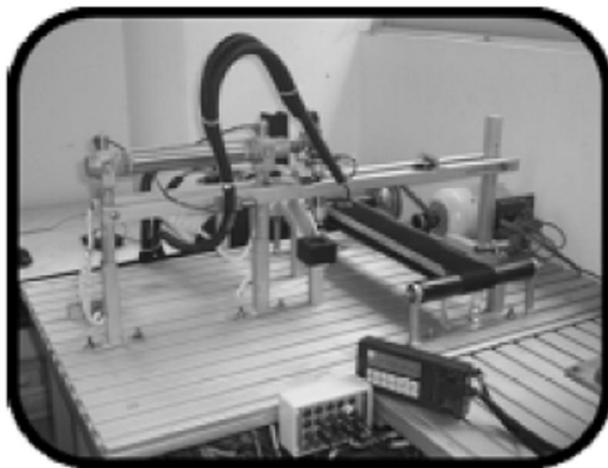


Figura 2. 2. Estación de Distribución

- Estación de Procesamiento

Se compone de un manipulador que se encarga de tomar la materia prima para dirigirla a su lugar de procesamiento (troquelado, sellado, perforado, etc.) y de manera complementaria se hace control de calidad para luego colocar el producto terminado en la siguiente estación. En la Figura 2.3 se muestra una estación de procesamiento en la que únicamente se manipula la materia prima sin control de calidad.



Figura 2. 3. Estación de Procesamiento

- **Estación de Transporte**

Generalmente está compuesta por una banda transportadora que canaliza las piezas trabajadas hacia otros dispositivos o estaciones, el reconocimiento del producto se hace a base de sensores con lo que se ubica a las piezas en la próxima fase de producción. En la Figura 2.4 la estación de transporte consta de la banda transportadora y brazos que transfieren el producto a diferentes puntos de la celda.

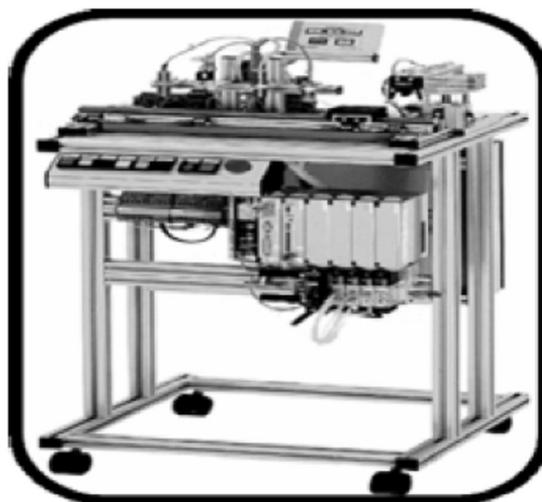


Figura 2. 4. Estación de Transporte

- Estación de Clasificación y Almacenamiento

Compuesta por actuadores que se encargan de trasladar la pieza hacia su lugar de almacenamiento en stock donde se colocan las piezas de acuerdo a su identificación, forma geométrica, etc. En la Figura 2.5 se muestra una celda de manufactura completa cuya estación de almacenamiento es simplemente un espacio asignado para este fin sin ninguna característica en especial.

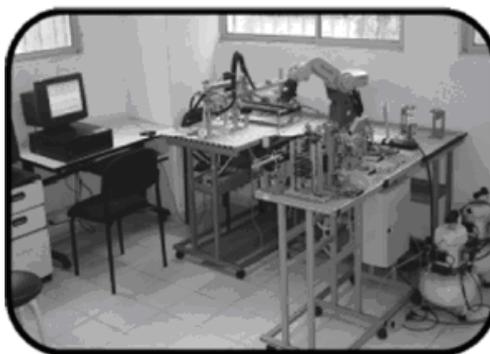


Figura 2. 5. Celda de Manufactura Completa

2.2.3 Celda de Manufactura para el Laboratorio de Robótica de la ESPE

El diseño y la implementación de la celda de manufactura para el laboratorio de robótica de la ESPE se ha realizado a partir de los componentes que se tienen a disposición en el laboratorio, por esta razón en la integración del sistema se han utilizado los siguientes equipos:

- Sistema Robótico CRS A255
- PLC Modicon Micro 21600
- Computador
- Sensores y Fuentes de Alimentación

Los elementos que han sido construidos debido a las necesidades que tiene la celda de manufactura para su funcionamiento son:

- Estaciones de la Celda de Manufactura
- Módulo de Entradas y Salidas para el Puerto GPIO

El proceso a llevarse a cabo en la celda se asemeja a un proceso de producción industrial real, en el que se va a seleccionar, procesar, transportar, distribuir y almacenar una pieza (producto). Los procesos de manufactura modernos están implementados con sistemas SCADA como el que se observa en la Figura 2.6, estos brindan diversas ventajas, una de las principales es que presentan la opción de reconfigurar los procesos de manera sencilla y económica.

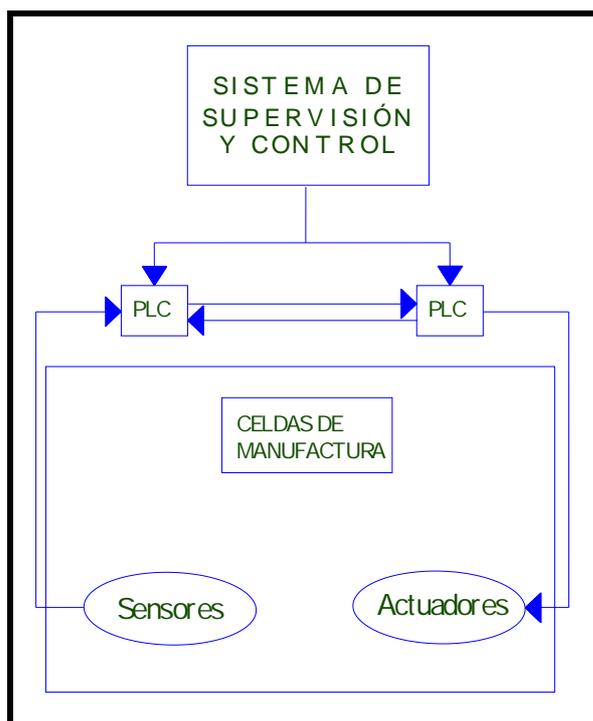


Figura 2. 6. Diagrama de un Sistema SCADA

2.2.4 Proceso a Seguir en la Celda de Manufactura

La celda de manufactura implementada en el presente proyecto consta de un bloque de distribución de piezas de distinta forma geométrica, mecanismos de transporte (banda transportadora y el sistema robótico CRS A255), una mesa centrífuga, un bloque de control de calidad, un bloque de almacenamiento de piezas terminadas y un bloque de producto de desecho.

Estos componentes forman parte de las diferentes estaciones de la celda con lo que se creará un proceso dinámico, básicamente conformado por:

- **Selección de una Pieza:** Esta sección está constituida por un sistema de distribución que contiene tres tipos de piezas de distinta forma geométrica (cilindros, cubos y rectángulos). Estas piezas son seleccionadas por el robot según la necesidad de producción.
- **Mesa Centrífuga:** La pieza seleccionada por el robot es colocada en su respectivo lugar en la mesa para simular un proceso.
- **Control de Calidad:** La pieza luego de pasar por su respectivo procesamiento es sometida a una simulación un control de calidad, el cual aprueba la pieza si se detecta la presencia de un elemento metálico insertado en ella.
- **Almacenamiento:** Las piezas que han pasado la prueba de control de calidad son colocadas en su correspondiente espacio en la matriz de almacenamiento.
- **Banda Transportadora:** las piezas desechadas son conducidas por una banda transportadora hacia un depósito donde se las recolecta para su posterior reutilización.

2.3 SISTEMAS ROBÓTICOS

La implantación de robots industriales en los sistemas de producción ha generado un interés creciente en su análisis, dando cabida al estudio de la robótica en diferentes especialidades de la ingeniería. Su aparición ha cambiado drásticamente el concepto de integración y organización de la producción por razones fundamentales:

- Un robot es una máquina conceptualmente nueva, no es una máquina renovada, readaptada o mejorada. Los robots se valen de las mejores tecnologías disponibles, son automáticos, programables y con un sistema

inteligente residente en un computador, lo que los hace fácilmente integrables.

- Un robot es altamente flexible, característica que es transmitida a las unidades de producción con las que se integra. La presencia de los robots, su gran desarrollo, la introducción de las computadoras en el control de procesos y los avances en el manejo de la información han generado un cambio conceptual en este campo. En la industria, la robótica ha colaborado de gran manera a una efectiva integración con otras máquinas en los distintos procesos.

En robótica prácticamente no hay nada estandarizado, es una ciencia que está en pleno desarrollo, lo que si es definible es lo que no es un robot. En primer lugar, se debe apartar la idea de que un robot es una máquina construida a imagen y semejanza de un hombre, por lo menos en la actualidad, ya que los de aplicación industrial no se parecen en nada a esta concepción, en el mejor de los casos se asemejan a un brazo humano. Por otro lado, las principales características de un robot son:

- Reprogramabilidad
- Cierta grado de autonomía
- Flexibilidad

Básicamente un sistema robótico debe integrar cuatro parámetros:

- **Ser un Sistema Mecánico con Elementos Actuadores:** Estos pueden ser eléctricos, neumáticos o hidráulicos.
- **Realizar Tareas o Rutinas:** Técnicamente llamadas programas, que se van a ejecutar por medio del primer componente del robot, para ello es necesario un lenguaje de programación y un sistema capaz de interpretarlo.
- **El Cerebro:** Para que un sistema robotizado pueda efectuar sus tareas debe contar con un elemento capacitado para interpretarlas y tomar decisiones. Este es el bloque inteligente del sistema y puede ser de diversos tipos. Los

robots más simples que utilizan aplicaciones poco flexibles, están controlados por autómatas programables o PLCs. Los robots más avanzados están equipados con un computador especializado, un microprocesador o un microcontrolador.

- **El Entorno:** Un sistema robótico con el nivel de inteligencia y la tecnología sensorial involucrada, debe ser capaz de interactuar en el proceso y sus posibles cambios. El desarrollo y aplicación de los sistemas sensoriales artificiales se encargan de suministrar los elementos necesarios para que esto sea posible. Entre más avanzado es un robot, mayor debe ser su conocimiento del entorno y más complejo su sistema sensorial. Dicho entorno forma parte del sistema.

2.3.1 Clasificación de los Sistemas Robóticos

Robots Cartesianos: Los movimientos del Robot se realizan a lo largo de sus tres ejes lineales de acción, la especificación de la posición de un punto se efectúa mediante coordenadas cartesianas, con estos tipos de robots se puede trabajar en grandes espacios de trabajo, con sistemas de control simples, además de tener buena repetibilidad en su operación. La Figura 2.7 muestra los ejes de acción de un robot cartesiano.

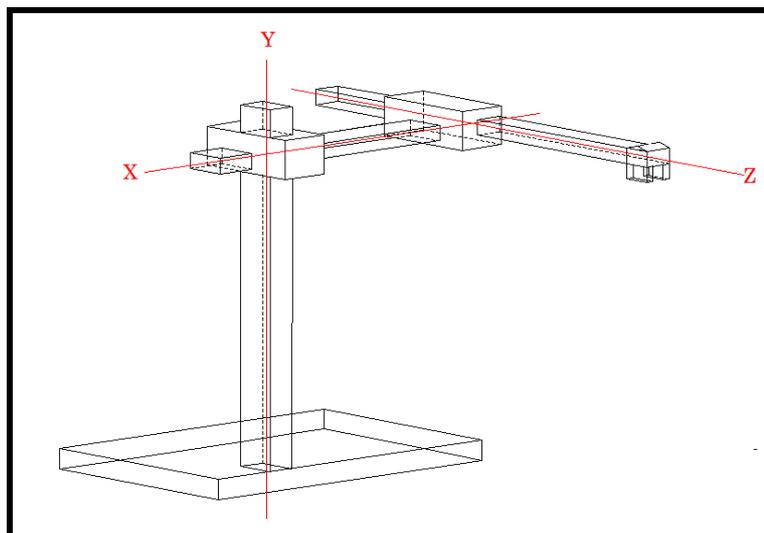


Figura 2. 7. Robot de Coordenadas Cartesianas

Robots Cilíndricos: Sus movimientos se realizan a través de dos ejes lineales y un eje de rotación, el posicionamiento de un punto en el plano de trabajo se lo hace en coordenadas cilíndricas, esta configuración puede ser utilizada en celdas de manufactura de mucha flexibilidad con el robot situado en el centro de la celda trabajando con varias máquinas dispuestas radialmente a su alrededor, se puede tener un de giro de hasta 360° obteniendo gran alcance radial.

La Figura 2.8 muestra los ejes de acción de un robot cilíndrico.

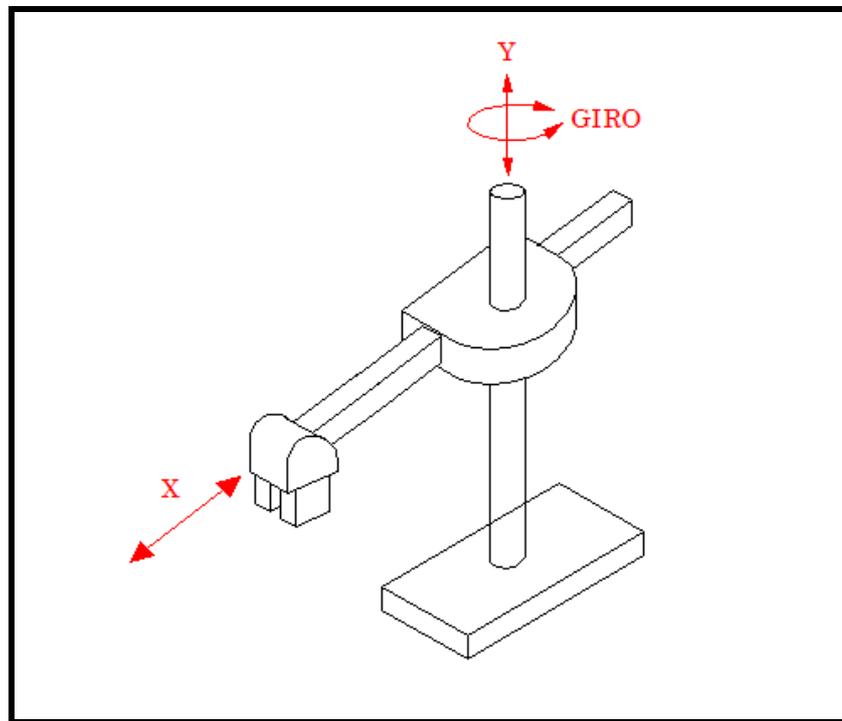


Figura 2. 8. Robot de Coordenadas Cilíndricas

Robots Esféricos: El robot realiza sus movimientos a través de dos ejes rotatorios y un eje lineal de coordenadas polares como se describe en la Figura 2.9, se tiene un gran espacio de trabajo al igual que flexibilidad, su sistema de control es muy complejo y el desplazamiento vertical se ve limitado por sus ejes de rotación.

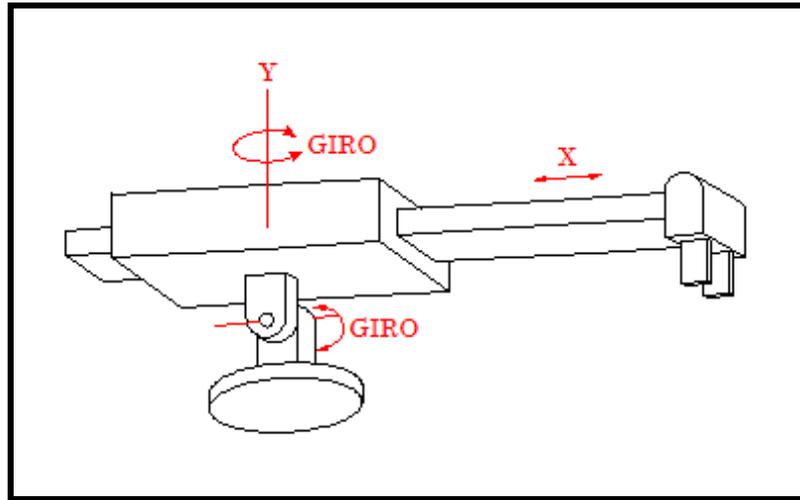


Figura 2. 9. Robot de Coordenadas Esféricas

Robots Articados: Tiene uno o varios grados de libertad que se mueven en ejes rotatorios, debido al poco espacio que ocupan y su flexibilidad pueden llegar a lugares de difícil acceso y realizar tareas de manipulación con cierta complejidad, su relación tamaño-alcance proporciona un gran espacio de trabajo y lo convierte en un robot ideal para trabajar en un ambiente industrial, por otro lado su sistema de control es muy complejo y tienen un costo verdaderamente alto. La Figura 2.10 muestra los ejes de acción de un robot articulado:

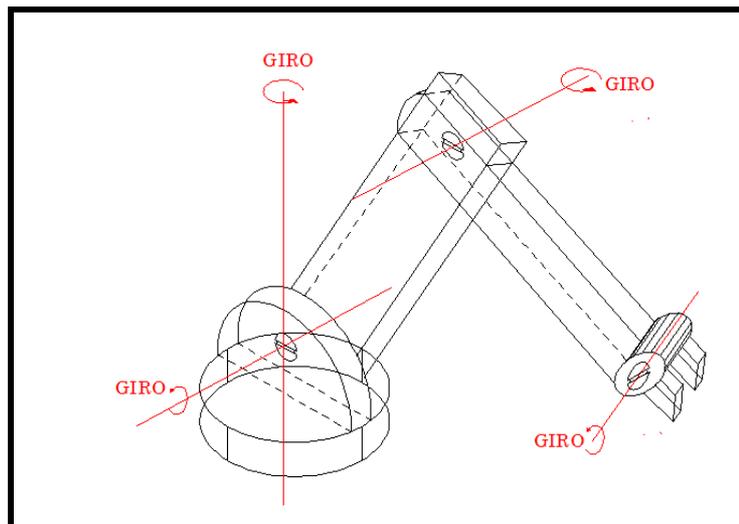


Figura 2. 10. Robot Articulado

2.3.2 Programación de los Sistemas Robóticos

Uno de los mayores obstáculos para que un robot haga una tarea es su lenguaje de programación. Existen tres formas principales de programar un robot:

- **Reconocimiento de Palabras Discretas:** Esta forma de programación es realmente muy primitiva y general, ya que un robot puede reconocer un set de palabras discretas, pero este es un vocabulario muy limitado. Aunque ahora es posible que los robots reconozcan las palabras en tiempo real, el uso de reconocimiento de palabras discretas para realizar alguna tarea requiere de un gran espacio en memoria para el almacenamiento de datos.
- **Enseñar y Repetir:** Este método involucra el enseñar al robot el camino, llevándolo a través de los movimientos que va a realizar. Esto se logra cuando se realiza los siguientes pasos:
 - o Utilizando el control manual del robot (Teach Pendant) se debe enseñar con movimientos lentos la trayectoria que debe repetir el robot.
 - o Revisar y repetir el movimiento enseñado.
 - o Si el movimiento enseñado es correcto, entonces el robot repetirá el movimiento grabado.
- **Lenguajes de programación de alto nivel:** Un acercamiento más general para la comunicación entre humanos y un robot es el uso de lenguajes de programación de alto nivel, como los robots, en su mayoría están destinados a realizar tareas repetitivas las mismas que no requieren interacción entre el robot y el medio ambiente, estas pueden ser fácilmente programadas a través de una computadora. Los programas que permiten esta comunicación han incrementado la flexibilidad y versatilidad de los robots.

2.4 SISTEMA ROBÓTICO CRS A255

El sistema robótico CRS A255 es un conjunto de dispositivos electrónicos que trabaja de manera integral y que está en capacidad de realizar tareas con precisión y de manera eficiente dentro de un proceso, consta de un brazo robótico de cinco grados de libertad, su movimiento se lleva a cabo por medio de servo motores los que trabajan en conjunto con cajas reductoras, rodamientos, tornillos sin fin, acopladores armónicos y codificadores ópticos para formar la estructura mecánica del sistema.

Cada articulación posee un grado de desplazamiento angular distinto e independiente, su área de trabajo horizontal es de 350° y el área de trabajo vertical es de 150° aproximadamente, el brazo robótico tiene la capacidad de cambiar su herramienta de fin de brazo para acoplarse a la tarea que se vaya a desempeñar según las necesidades y tipo de objeto que se vaya a manipular en su operación.

Para el control de operaciones del robot el sistema cuenta con su propio dispositivo, el controlador C500, el cual se encarga de procesar las señales y permite el tráfico de datos entre el brazo robótico y el bloque de software. Puede ser operado de dos modos: **Automático**, modo en que el robot responde a las instrucciones programadas desde un computador y **Manual**, el robot responde a la manipulación del Teach Pendant. El lenguaje con el que trabaja el robot para comunicarse es RAPL-II (lenguaje de alto nivel) y el software de programación es ROBCOMM.

2.4.1 Componentes Básicos

Los componentes del Sistema Robótico se muestran en la Figura 2.11 y son los siguientes:

- Brazo Articulado Mecánico de 5 grados de libertad
- Controlador Electrónico C500
- Teach Pendant (dispositivo para operación manual)
- Gripper (herramienta de fin de brazo)

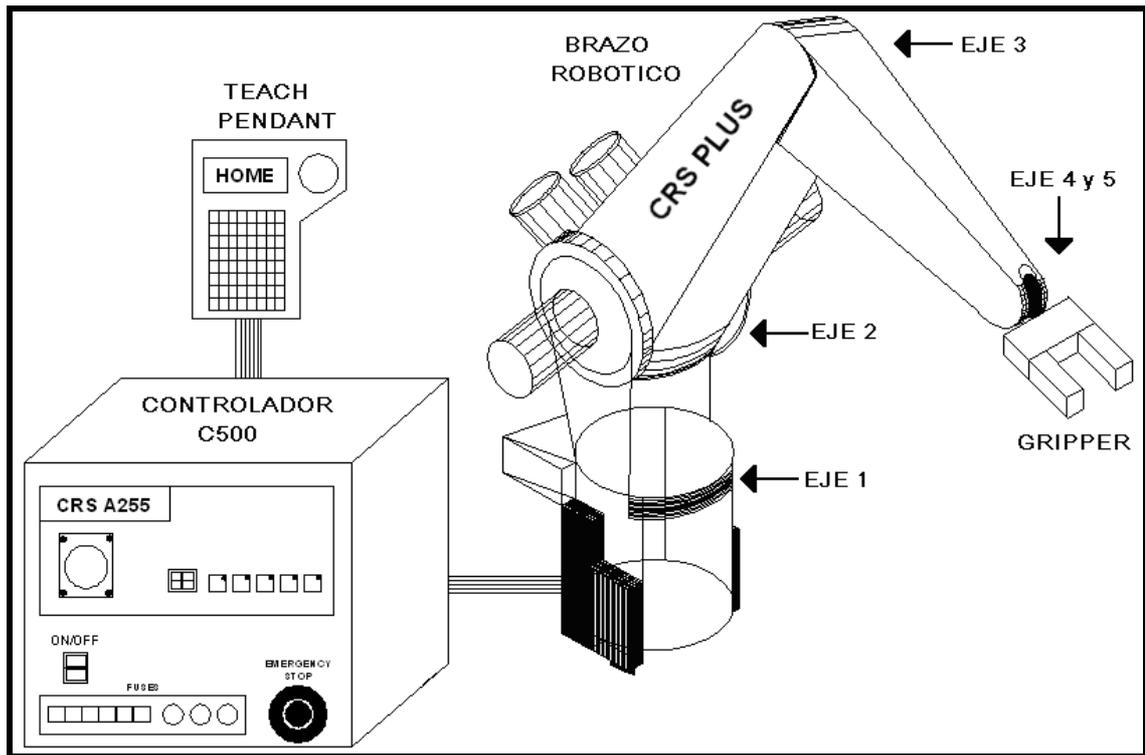


Figura 2. 11. Sistema Robótico CRS A255

2.4.2 Descripción del Brazo Mecánico

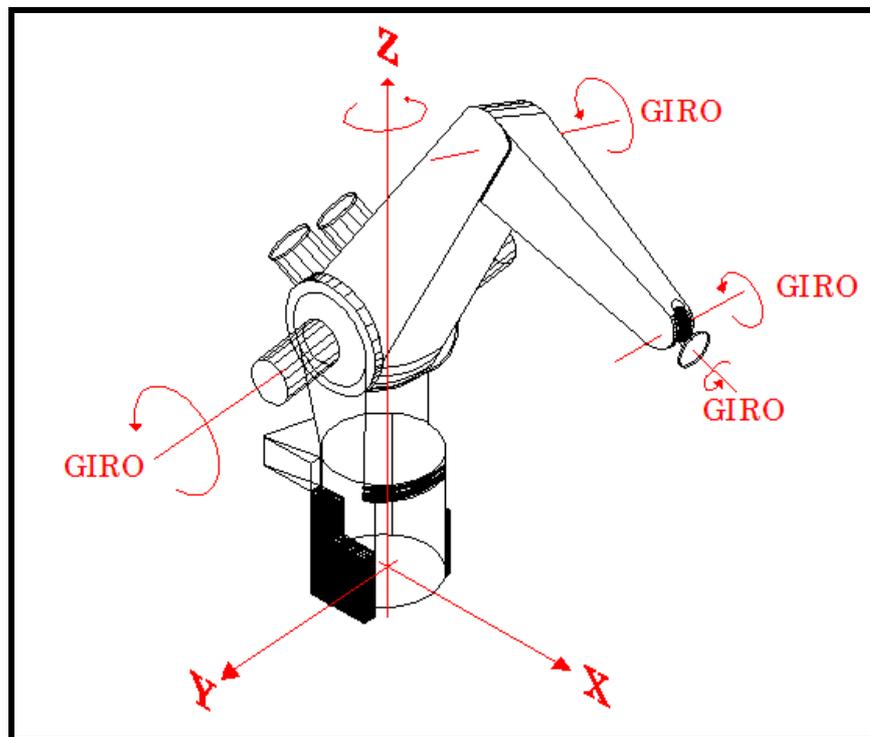
El brazo robótico del CRS A255 es un sistema mecánico basado en su estructura en el brazo humano, para su movimiento se tiene un control en lazo cerrado que gobierna el accionamiento de los servo motores, estos están acoplados a las articulaciones del brazo por medio de cadenas, engranajes y poleas, su posicionamiento se conoce a partir de codificadores ópticos los que proporcionan una señal exacta de la posición de brazo.

La herramienta de fin de brazo es la encargada de manipular los objetos a partir de sus movimientos en sus tres formas (arriba – abajo, giro, apertura-cierre), se tiene la capacidad de cambiar el efector final según sea la necesidad de trabajo, lo que le proporciona al brazo robótico una amplia flexibilidad para su operación.

Las características del brazo robótico se muestran a continuación en la Tabla 2.1, además sus grados de libertad y movimientos se muestran en la Figura 2.12.

Tabla 2. 1 Características del Brazo Mecánico

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
CARGA	12 Kg. (máx.)
REPETIBILIDAD	0.05 mm.
ALCANCE	560 mm.
GRADOS DE LIBERTAD	5 (base, hombro, codo, muñeca, herramienta rotativa)

**Figura 2. 12.** Movimientos del Brazo Mecánico

2.4.3 Espacio de Trabajo del Brazo Robótico

El espacio de trabajo del brazo robótico está dado en función de su alcance y su desplazamiento tanto radial como vertical, teniendo en cuenta estos parámetros el espacio radial de trabajo es de 0.95 m^2 y el vertical es de 0.43 m^2 aproximadamente.

En forma radial, el brazo robótico puede desplazarse hasta 350 grados como se muestra en la Figura 2.13 y en forma vertical, el brazo puede tener un desplazamiento de hasta 120 grados, el cual está descrito en la figura 2.14.

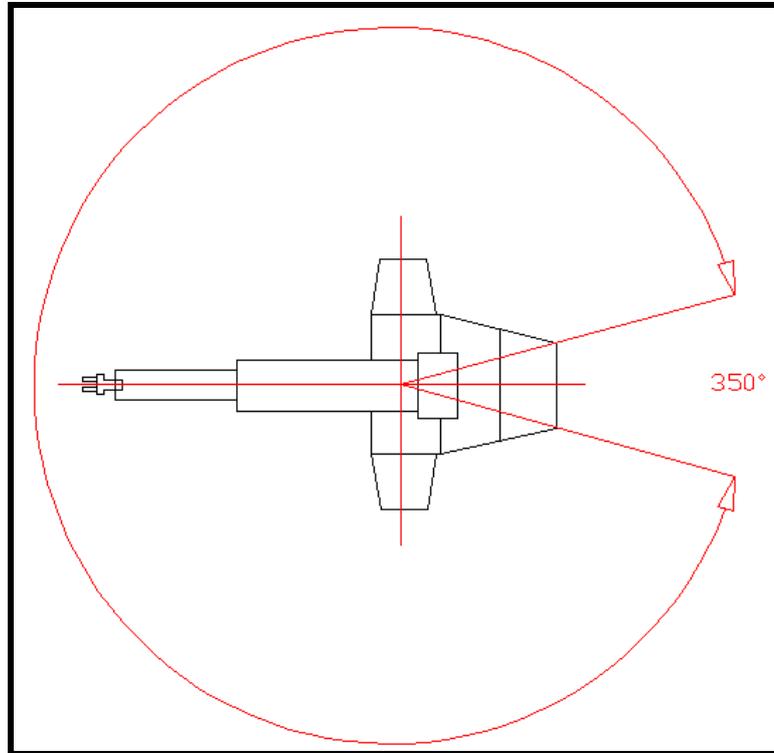


Figura 2. 13. Espacio de Trabajo (Vista Aérea)

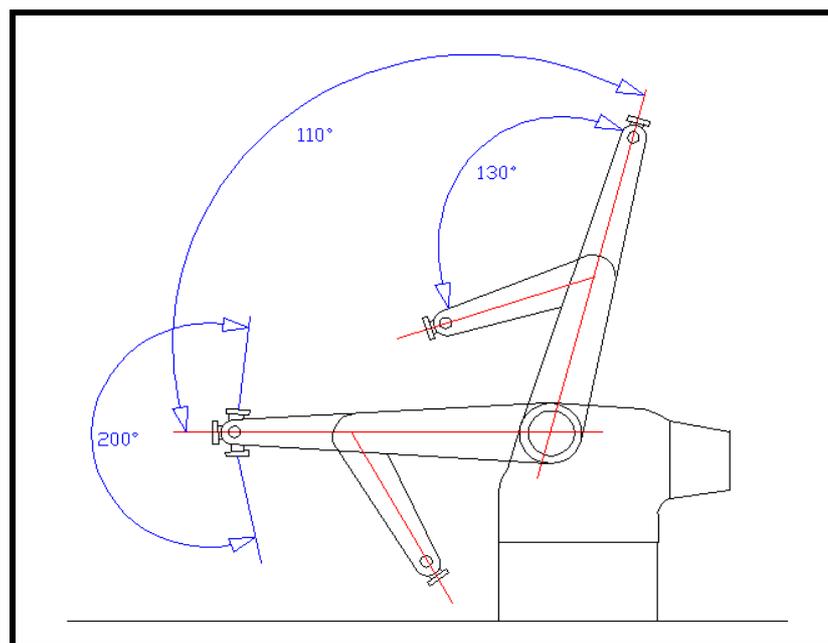


Figura 2. 14. Espacio de Trabajo (Vista Lateral)

2.4.4 Grippers

Los grippers o herramientas de fin de brazo son los encargados de la manipulación de objetos, son el resultado de estudios acerca del movimiento de la mano y muñeca para reemplazarlas en las tareas que hoy en día realizan los robots.

Estos dispositivos de sujeción y manipulación, disponen de varios modelos de pinzas que se ajustan a las necesidades de operación del robot, básicamente se tienen seis grados de libertad, expresados en tres movimientos lineales (ejes x, y, z) y en tres movimientos giratorios (angulares y de rotación), la Tabla 2.2 y la Figura 2.15 describen los movimientos del gripper. El movimiento de los dedos de la pinza no se considera un grado de libertad, ya que este movimiento no influye en la trayectoria que sigue el brazo robótico.

Tabla 2. 2 Descripción de los Movimientos de un Gripper

MOVIMIENTO	DESCRIPCIÓN
LINEALES	
1. VERTICAL	arriba – abajo
2. FRONTAL	avance – retroceso
3. LATERAL	izquierda – derecha
GIRATORIOS	
a1. CABECEO	Inclinación
a2. BALANCEO	Torsión
a3. GUIÑADA	Giro

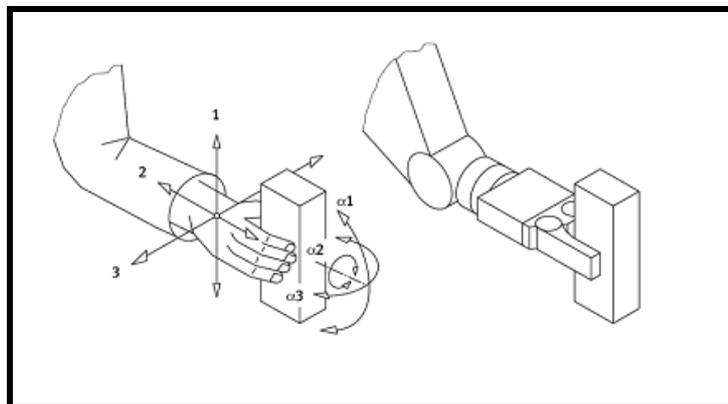


Figura 2. 15. Movimientos Básicos de un Gripper

Para el brazo robótico del CRS A255 se tienen disponibles dos tipos de grippers, cuyas características generales se muestran en la Tabla 2.3 y en la Figura 2.16.

❑ SGRIP

Gripper de 2 dedos móviles paralelos, capaz de medir objetos entre sus dedos.

❑ PGR112/3

Gripper de 2 dedos móviles, capaz de realizar movimientos angulares, cada uno de 0 a 10°.

Tabla 2. 3 Características de los Grippers

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
FUERZA MÁXIMA DESARROLLADA	12.5 Kg.
PASO	0.025 mm.
RECORRIDO	170 mm.
VOLTAJE DE ENTRADA	12 V
PRESICIÓN DE PASO	+/- 0.005 mm.
REPETIBILIDAD	+/- 0.01 mm.

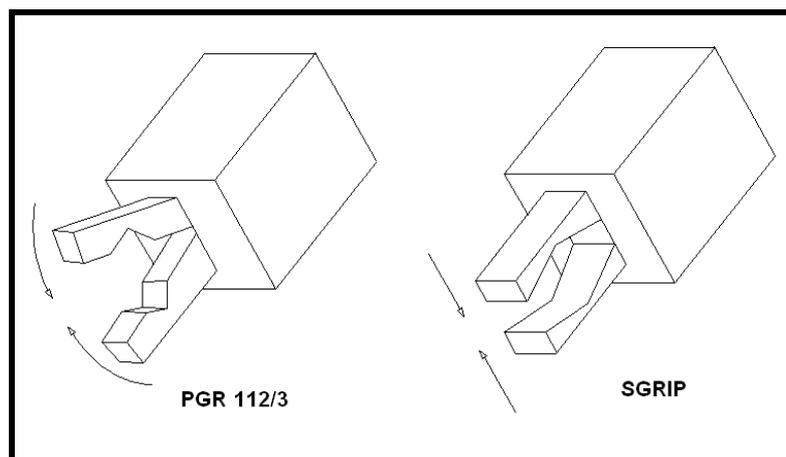


Figura 2. 16. Grippers PGR 112/3 y SGRIP

2.4.5 Control de Movimientos del Brazo Robótico

Para el control del brazo robótico se tienen en cuenta dos parámetros básicos, el posicionamiento del brazo que se obtiene a partir de la señal obtenida de los codificadores ópticos y el movimiento de las articulaciones que esta en función del accionamiento de los servo motores y los acoplamientos armónicos, el controlador del robot es el encargado de procesar estas señales para permitir el movimiento y dirección de giro del brazo robótico.

A continuación se describe el funcionamiento de los dispositivos utilizados para el movimiento del brazo:

a. Servo Motores

Un servo motor es un dispositivo pequeño que tiene un eje de posición controlado, con lo que puede ser llevado a posiciones específicas al enviar una señal codificada, son motores pequeños pero sumamente fuertes comparados a su tamaño y tienen bajo consumo de energía. Para conocer su posicionamiento se utilizan potenciómetros o codificadores ópticos, estos le permiten al circuito de control supervisar la posición instantánea del servo motor. Si el eje está en la posición correcta el motor está apagado, si el circuito de control censa una posición incorrecta, el motor girará hasta corregir su posición.

En el Sistema Robótico CRS A255 se utiliza el Servomotor EG&G M2110, cuyas dimensiones se observan en la Figura 2.26.

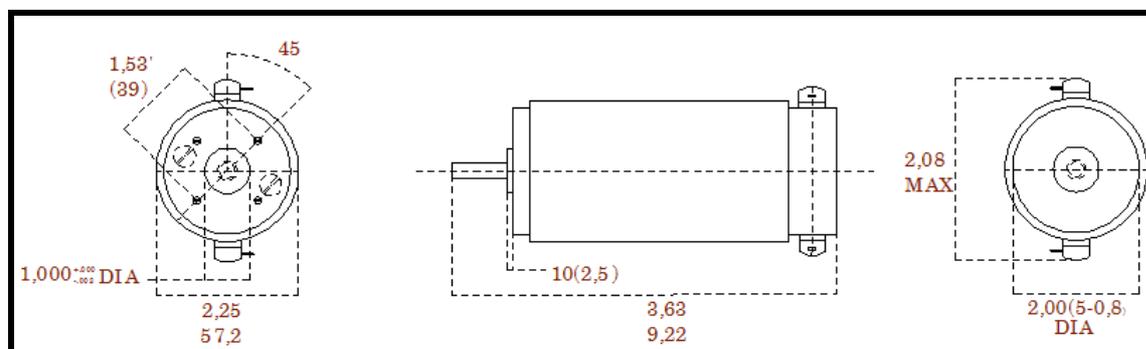


Figura 2. 17. Dimensiones del Servomotor EG&G M2110

b. Codificadores Ópticos

Son dispositivos utilizados para conocer con exactitud la posición de una pieza mecánica, la pieza base son discos con un fino enrejado o red que se conectan a una parte móvil que lo pone en movimiento, en tanto que una fuente luminosa se coloca de manera que se filtre a luz a través de los orificios del disco, en la cara puesta se sitúa un foto detector que produce una señal eléctrica en función del número de pulsos que atraviesen el disco, según la codificación que se tenga se puede conocer la posición exacta en la que se encuentra el disco. La Figura 2.18 muestra el funcionamiento del codificador óptico.

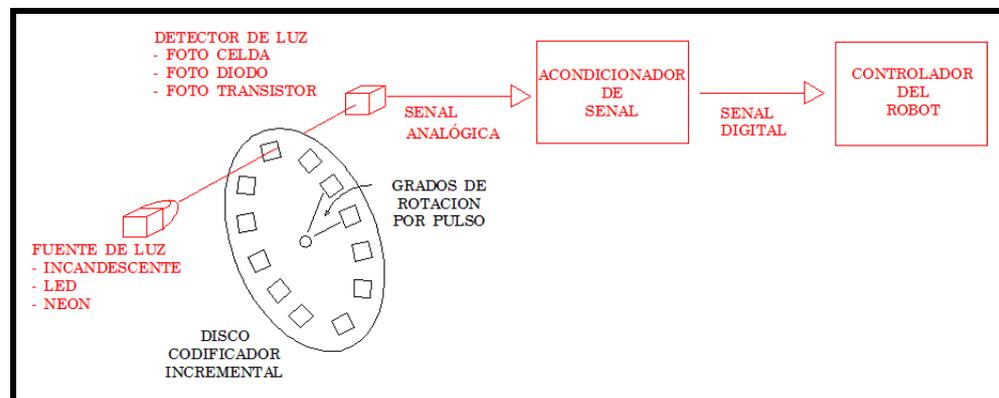


Figura 2. 18.Funcionamiento de un Codificador Óptico

c. Acoplamientos Armónicos

Son dispositivos que se encargan de transmitir con exactitud torque y movimiento en sistemas mecánicos al conectar diferentes partes del mismo, su mecanismo de funcionamiento se describe en la Figura 2.19. En el brazo robótico CRS A255 se usan acoplamientos para transmitir el movimiento y controlar la velocidad con que el brazo se mueve al variar el torque aplicado por los servo motores a cada articulación; para que los acoples armónicos realicen el movimiento de cada eje, estos están conectados a cadenas dentadas, engranajes, poleas y tornillos sin fin que vienen desde la base del robot donde se encuentra el mecanismo principal para el movimiento del brazo.

Las articulaciones 1 y 2 tienen su movilidad directamente relacionadas con el movimiento de los ejes de los motores a través de acoplamientos armónicos, en las articulaciones 3, 4 y 5 se utilizan transmisiones combinadas de cadenas, engranajes y acoplamientos armónicos para su movimiento.

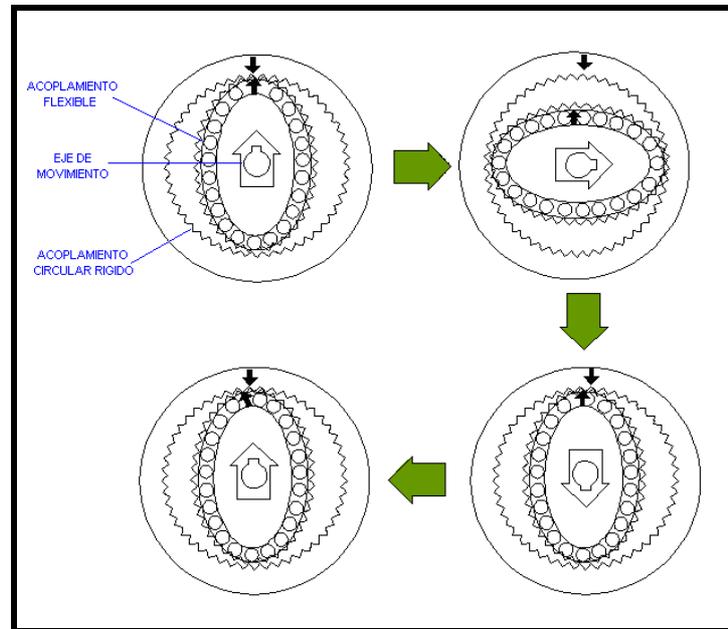


Figura 2. 19. Principio del Mecanismo Armónico

2.4.6 Controlador del Sistema Robótico CRS A255

El Controlador C500 permite la comunicación entre el brazo mecánico y el software de control, este acciona los 5 grados de libertad además del gripper y se comunica con las plataformas de procesamiento de alto nivel.

La tarjeta principal del controlador se encuentra conectada a las entradas y salidas que tiene el robot en sus diferentes puertos, tanto los ejes del robot como con el gripper se accionan según la necesidad de fuerza y movimiento necesarios en el trabajo que esa realizando el brazo, para lo cual se tienen diferentes etapas de potencia. En la Figura 2.20 se describe la operación del controlador C500 del brazo robótico en función de los datos que ese intercambia con el computador.

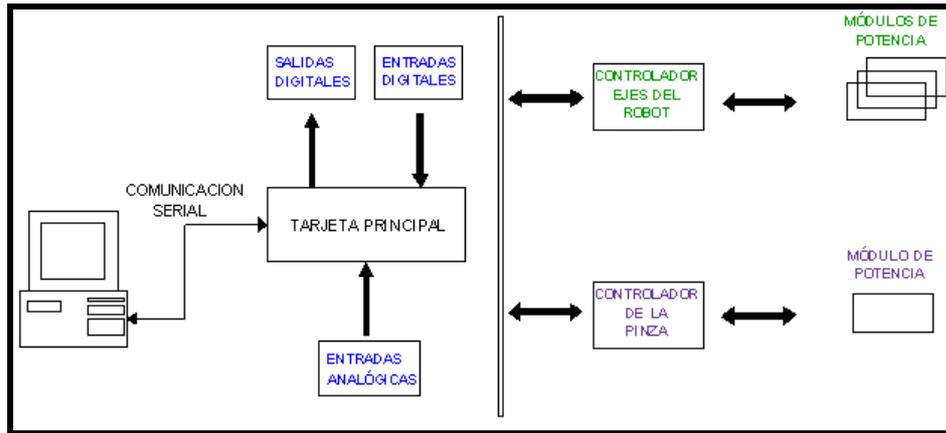


Figura 2. 20. Tráfico de Datos del Sistema Robótico CRS A255

Desde el Controlador C500 se puede monitorear la operación del sistema robótico, se cuenta con varios indicadores en el panel frontal para su visualización, se puede conocer el STATUS de operación, si el robot ha sido inicializado correctamente (HOME), si el brazo robótico esta energizado para entrar en operación (ARM POWER).

Adicionalmente se tiene el botón de encendido del sistema robótico, el botón de paro de emergencia y el puerto de comunicaciones serial, la Figura 2.21 muestra la vista frontal del Controlador C500

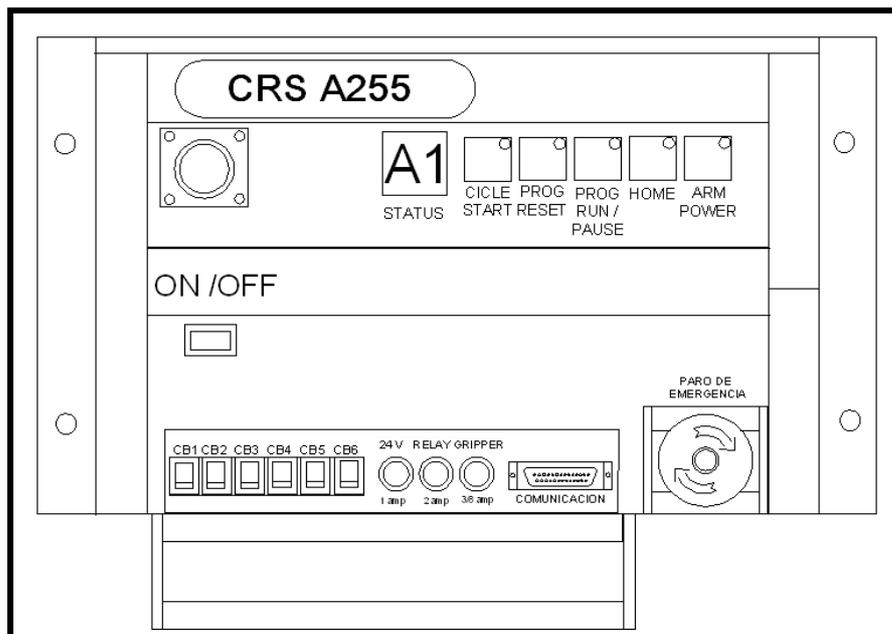


Figura 2. 21. Controlador C500 (Vista Frontal)

En la parte posterior del controlador se encuentran ubicados el puerto de conexión entre el controlador y el brazo robótico, el puerto de conexiones del controlador y el Teach Pendant, el Puerto GPIO y el Puerto SYSIO.

2.4.7 Entradas y Salidas Externas

Puerto GPIO

Utilizado como una interfaz de comunicación bidireccional con otros equipos y elementos externos, contiene 16 entradas y 16 salidas aisladas, 12 salidas son de baja corriente y 4 son salidas conmutadas a relés de 3A (NC y NO). Brinda la posibilidad de trabajar con una fuente interna de 24V ubicada en los mismo pines del puerto. La Figura 2.22 muestra un conector hembra para el Puerto GPIO.

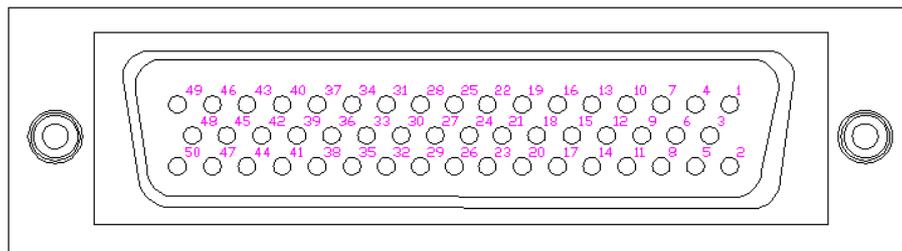


Figura 2. 22. Conector DD50S (GPIO)

Puerto SYSIO

Maneja señales que realizan las mismas funciones de los botones del panel frontal y las luces indicadoras, además posee contactos para funciones externas y de emergencia. La Figura 2.23 muestra un conector hembra para el Puerto SYSIO.

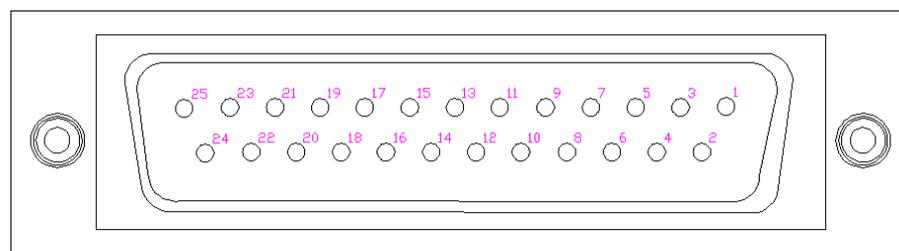


Figura 2. 23. Conector DD25S (SYSIO)

2.4.8 Comunicaciones

Son del tipo ACI, son bloques estructurados basados en el protocolo RS-232

- Permite que los datos de memoria del robot puedan ser cargados en un computador o viceversa.
- ACI permite que sistemas externos de computadores se comuniquen con uno o más sistemas de robots en un enlace serial (RS232 O RS422).

2.4.9 Lenguaje de Programación

RAPL-II (Robotic Automation Programming Language - II)

- Optimiza el uso de memoria, alterna comandos identificadores, y expresiones matemáticas avanzadas.
- La línea de comando empieza desde un “prompt” o guía y es terminada con un ENTER.

Formas de enviar al controlador una instrucción

- Desde un programa en ejecución.
- Ejecutado inmediatamente un comando desde el teclado (online)

Interfaces para el usuario

- Panel frontal
- Control remoto o teach pendant
- Canal interactivo de comunicación

Opciones para operar al robot

- Mediante programación
- Desde un Emulador Terminal (Teach Pendant)

2.4.10 Lista de Instrucciones

En la Tabla 2.4 se muestra un listado de las principales instrucciones disponibles para programar el Sistema Robótico CRSA255 con su respectiva descripción.

Tabla 2. 4 Lista de Instrucciones en ROBCOMM

COMANDO	DESCRIPCIÓN
ALIGN	Alinea la herramienta con el eje mayor que se encuentra más cerca.
APPRO	Mueve el robot a una distancia específica de la locación.
CIRCLE	Mueve el robot en un camino circular definido.
CPATH	Ejecuta un trazo continuo.
CTPATH	Programa un continuo trazo que compromete puntos definidos.
DEPART	Mueve el robot desde el punto de actual posición.
FINISH	Indica terminar un movimiento completo para continuar la programación.
GAIN	Cambia la ganancia de posición de los servos.
GOPATH	Ejecuta un trazo continuo programado con el CPATH
HALT	Detiene todos los movimientos.
JOG	Mueve el punto céntrico de la herramienta (TCP) con incrementos cartesianos (x, y, z).
REMOTE	Permite a un usuario remoto acceder a movimientos del brazo.
X	Mueve el TCP incrementando en dirección X
Y	Mueve el TCP incrementando en dirección Y
Z	Mueve el TCP incrementando en dirección Z
YAW	Gira la herramienta alrededor del TCP con incrementos en ángulos yaw.
PITCH	Gira la herramienta alrededor del TCP con incrementos en ángulos pitch.
ROLL	Gira la herramienta alrededor del TCP con incrementos en ángulos roll.
JOINT	Mueve un solo eje con un desplazamiento angular.
LIMP	Remueve los seguros de todos los ejes.
LOCK	Bloquea el movimiento de un eje.
MOVE	Mueve el TCP a una posición determinada.
READY	Mueve el brazo a una posición de listo.
SPEED	Setea la velocidad del movimiento del brazo.
ARM	Habilita o deshabilita la energía del brazo.
CONFIG	Setea la configuración de los puertos RS232.
DEVICE	Selecciona el puerto RS232 en caso de ser usado.
IFPOWER	Chequea el estado de energía del brazo.
IFSIG	Es un condicional que depende del estado de las entradas digitales.
IGNORE	Apaga la característica de auto interrupción del robot.
INPUT	Ingresa datos al programa del usuario en tiempo real.
ONPOWER	Espera que el brazo sea energizado para proceder.
ONSIG	Enciende la característica de auto interrupción del robot.
OUTPUT	Activa las salidas seleccionadas.
PRINTF	Imprime un caracter de información al puerto seleccionado.
SERIAL	Muestra el estado del puerto RS232.
TRIGGER	Cambia el estado de una salida digital en un movimiento.
WAIT	Espera por una condición seleccionada de un puerto de entrada digital.
CLOSE	Cierra el gripper (a una fuerza especificada).
GRIP	Cambia de posición los dedos del gripper.

COMANDO	DESCRIPCIÓN
@@CALGR	Setea una nueva calibración del gripper.
ALLOC	Particiona y limpia la memoria del robot.
AXSTATUS	Muestra el estado de cada eje.
COPY	Duplica un programa.
DELETE	Borra un programa.
DIR	Lista los programas que están en la tabla de programa.
DISABLE	Deshabilita un software específico.
EDIT	Crea un nuevo programa.
ENABLE	Habilita un software específico.
EXECUTE	Realiza una ejecución en el lenguaje de programación.
FREE	Muestra el estado de memoria del usuario.
HIMEM	Reserva parte del buffer del programa para otros usuarios.
IORD	Lee un valor de byte o palabra en el puerto de salida del 80286.
IOWR	Escribe el valor de una constante o variable en el mismo puerto.
MEMRD	Lee el contenido de una dirección de memoria.
MEMWR	Escribe una constante o variable en una dirección de memoria.
NEW	Limpia la memoria del usuario.
PASSWORD	Permite el acceso a comando de nivel de monitor.
RENAME	Cambia el nombre del programa.
@@SETUP	Altera los valores de seteo de operación del controlador.
STATUS	Muestra el estado de operación de una aplicación del robot.
SYSTEM	Muestra el estado de configuración del hardware.
@@XNET	Configura la red interna.
ABORT	Termina la ejecución de un programa y detiene movimientos.
GOSUB	Pasa el control de programa a una subrutina.
GOTO	Salto incondicional a un número de línea.
IF	Salto si una condición es verdadera.
IFEXISTS	Se realiza un salto en presencia de información simbólica.
IFPOWER	Salto si confirma estado de brazo energizado.
IFSIG	Salto dependiendo del estado de la entrada seleccionada.
IFSTART	Salto dependiendo del estado del switch de Auto start.
ONPOWER	Espera por energía del brazo para encender.
ONSIG	Enciende característica de auto interrupción del robot.
PAUSE	Detiene el programa hasta ejecutar el comando Proceed.
PROCEED	Continúa el flujo del programa después de una pausa.
RETRY	Después de un error, este comando ejecuta nuevamente la línea.
RETURN	Regresa el control del programa luego de terminar una subrutina.
STOP	Comando de completación de un programa.
CUT	Remueve una parte del caracter.
DECODE	Decodifica un valor de un dato de variable de un caracter.
ENCODE	Codifica el dato de una variable en un caracter.
IFSTRING	Compara dos caracteres y salta dependiendo del resultado.
PASTE	Pega una nueva porción de texto en un caracter.
STRPOS	Regresa la locación de un subcaracter.
CIRCLE	Mueve el centro de la herramienta en círculo
CPATH	Ejecuta un trazo continuo a través de hasta 16 puntos.
CTPATH	Programa un recorrido continuo que comprende puntos grabados
GOPATH	Ejecuta un recorrido continuo programado con el comando anterior.
ONLINE	Todos los movimientos son ejecutados a través de la característica del recorrido

CAPÍTULO III

DISEÑO DE CELDAS DE MANUFACTURA

Para que se pueda comprender de mejor manera el concepto de celda de manufactura se necesita definir el concepto de tecnología de grupo. La tecnología de grupo es aquella que puede agrupar piezas con características similares para ser procesadas juntas, para poder desarrollar esto, es necesario tener parámetros específicos de producción, con lo que se aprovechan las ventajas de una sola preparación y se minimiza su costo.

El uso de tecnología de grupo ha agregado un significado especial a la creación de celdas de manufactura, ya que un grupo de maquinaria y equipo puede disponerse para procesar no solo varias unidades del mismo producto, sino también una familia de lotes de varios productos. Una celda de manufactura es una colección de equipos que se requiere para fabricar una parte aislada o una familia de partes con características similares. Este equipo se coloca en círculo alrededor de un operador u operadores. Luego, el operador toma una parte del recipiente de entrada y la mueve alrededor del círculo del equipo.

Habitualmente el equipo incluye máquinas automáticas que solo necesitan ser cargadas, activadas y después desactivadas. Una vez que la máquina se carga y activa, el operador mueve la parte recién terminada de la primera máquina a la segunda, en la que el operador retira la parte anterior y carga la siguiente.

Este proceso continúa alrededor de la celda: se sacan partes de una máquina y en ésta se colocan partes nuevas, después se activa dicha máquina y así hasta llegar a la última máquina en donde se retira la parte, se inspecciona y se coloca en el contenedor de partes terminadas.

La figura 3.1 muestra un ejemplo del diseño y distribución de una celda de manufactura.

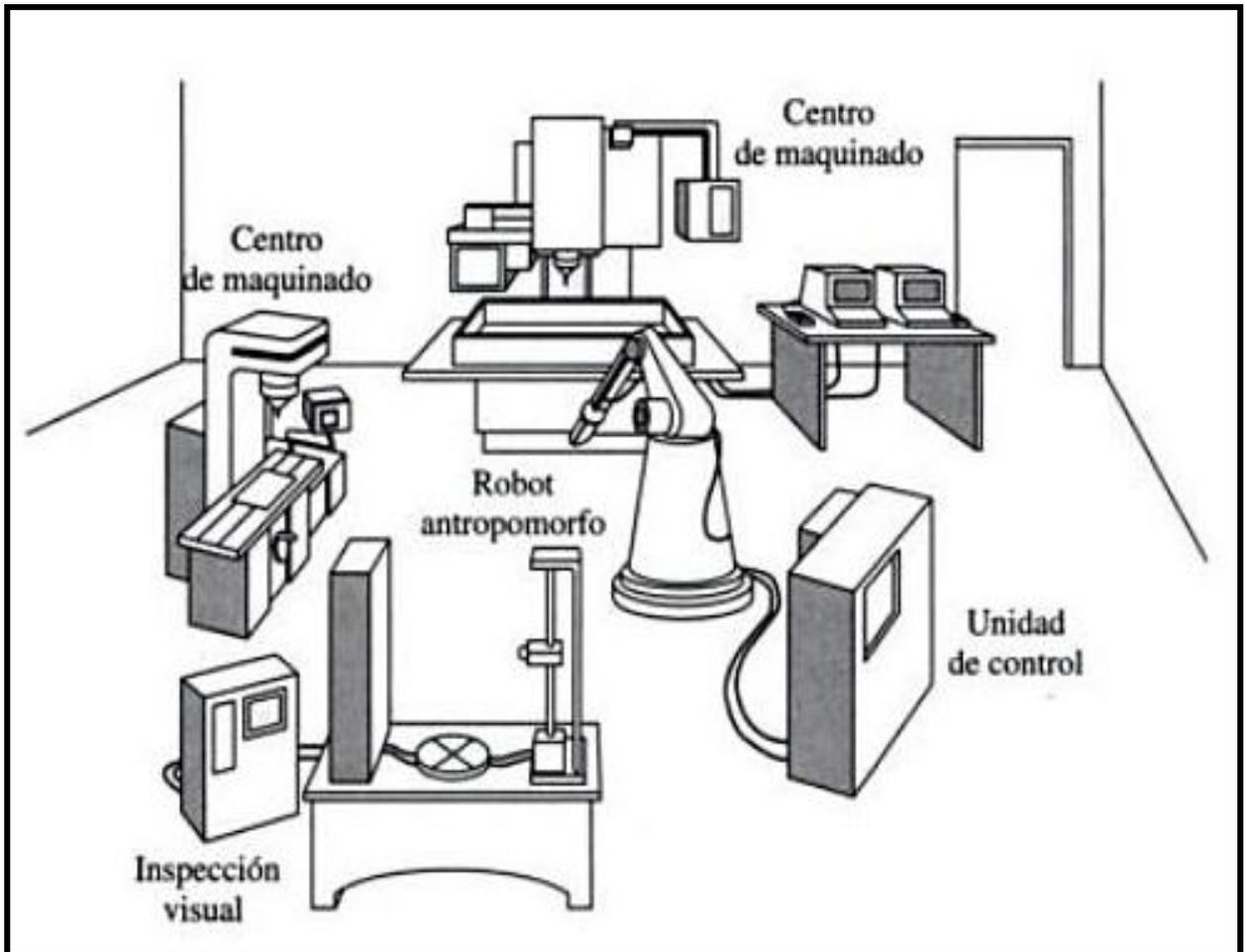


Figura 3. 1. Modelo de una Celda de Manufactura

El uso y desarrollo de celdas de manufactura ha sido acelerado ya que presentan beneficios elevados pues:

- Reducen el tiempo de arranque en forma significativa.
- Eliminan todo almacenamiento entre operaciones.
- Eliminan la mayoría de tiempo de movimientos entre operaciones.
- Terminan con los retrasos por esperar a la máquina siguiente.
- Reducen costos.
- Disminuyen el inventario (disminuciones de trabajos en proceso).
- Reducen el tiempo de manufacturas en proceso.

Estas características permiten aumentar la calidad y la flexibilidad en la producción de cualquier producto en la industria.

3.1 COMPOSICIÓN DE LA CELDA DE MANUFACTURA

Para el proceso a seguir en la celda de manufactura se cuenta con elementos electrónicos que están a disposición en el Laboratorio de Robótica y de las estaciones de manufactura previamente diseñadas y construidas para que formen parte de la celda, todos estos elementos se integran con el Sistema Robótico CRS A255 y Módulo de Entradas y Salidas del Puerto GPIO para tener el sistema de manufactura completo, las estaciones con las que se cuentan para la implementación de la celda de manufactura son las siguientes:

- **Estación de Distribución**

Zona de repartición de piezas, esta estación proporciona tres tipos de piezas de diferente forma geométrica: cilindros, cubos, y rectángulos.

- **Estación de Proceso**

Zona en la que se simula el procesamiento de la materia prima, en este caso el secado de las piezas que fueron provistas desde la estación de distribución.

- **Banda Transportadora**

Simula el sistema de transporte de la celda de manufactura, en esta se conduce el material de mala calidad a desecho.

- **Estación de Almacenamiento**

Zona donde se coloca el producto terminado que ha pasado el control de calidad.

3.1.1 Proceso a Llevarse a Cabo en la Celda de Manufactura

- Inicialmente desde la estación de distribución se deberá seleccionar la pieza a ser procesada, el brazo robótico CRS A255 debe conocer el lugar donde se ubican los distintos tipos de figuras geométricas a procesar.
- Luego de seleccionada la pieza, esta deberá ser conducida hacia la mesa centrífuga para proceder a la etapa de procesamiento, la mesa centrífuga contiene lugares específicos para cada tipo de pieza por lo que el robot debe ubicarlas con exactitud, para esto bajo la mesa se encuentran ubicados dos sensores que permiten detener a la mesa en el lugar exacto para que el brazo robótico coloque la pieza sin problemas.
- Cuando se ha terminado el procesamiento, la pieza pasa a control de calidad, aquí se detecta si la pieza tiene una lámina metálica por medio de un sensor inductivo para simular dicho control.
- Si el producto pasa el control de calidad, este será enviado a la estación de almacenamiento, esta estación es una matriz que contiene nueve lugares para almacenamiento de producto terminado, tres lugares para cada tipo de pieza, el robot está en la capacidad de colocar la pieza en su respectivo lugar en la matriz según la forma geométrica que esta tenga.
- Si el producto no pasa el control de calidad, este es conducido hacia un depósito de producto de mala calidad, para cumplir este propósito se utiliza la banda transportadora que es la encargada de dirigir las piezas hacia desecho, manualmente el usuario puede tomar las piezas de este lugar y colocarlas nuevamente en la estación de distribución para volver a empezar todo el proceso.

3.2 DISEÑO ESTRUCTURAL

Esta etapa es de vital importancia para la implementación de la celda de manufactura, ya que un buen diseño del espacio de trabajo garantiza el óptimo funcionamiento de la celda.

El diseño estructural puesto a disposición para la construcción de la celda de manufactura ha sido realizado con el adecuado análisis, para que la misma pueda cumplir adecuadamente con todas sus funciones, es decir las características estructurales de todas las estaciones se relacionan con sus propiedades mecánicas y con su costo principalmente, además se logró que cada uno de los componentes de la celda cumplan con una función determinada con un grado de robustez razonable.

En esta etapa de organización se seleccionaron los materiales que constituyeron la estructura de cada estación, se definió el sistema principal, el arreglo y dimensiones preliminares de los elementos de la celda.

A continuación se presenta el diseño geométrico de las estaciones que conforman la celda de manufactura, dicho esquema sirve para que se pueda obtener una idea clara de las medidas y características de cada uno de los componentes del sistema.

3.2.1 Geometría de la Materia Prima de la Estación de Distribución

Las piezas que son distribuidas desde esta estación fueron totalmente construidas en madera y son las siguientes:

- **Cilindros**

La estación de distribución esta conformada por cuatro cilindros para ser procesados. Al lado izquierdo de la figura 3.2 se presentan los diseños de la vista superior, frontal y lateral del cilindro, y al lado derecho de la figura su vista isométrica.

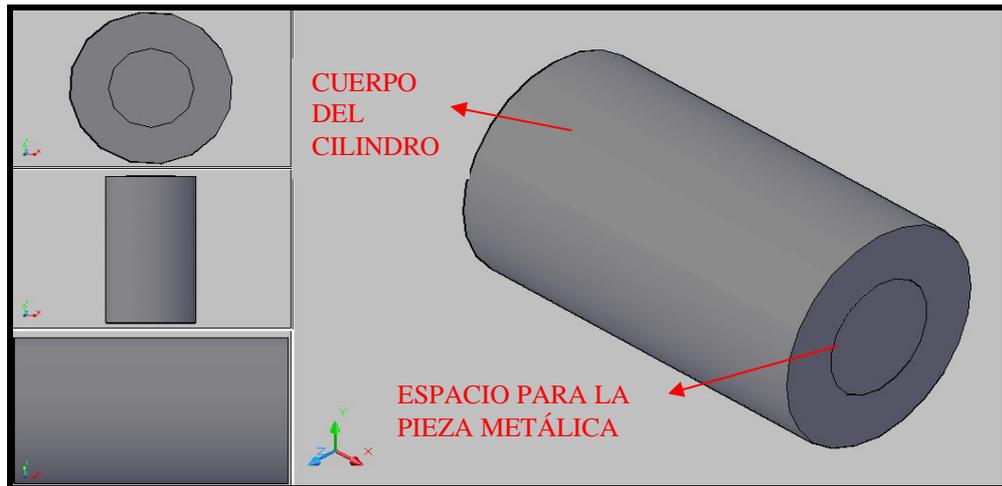


Figura 3. 2. Geometría del Cilindro

La figura 3.3 muestra las dimensiones de la pieza geométrica.

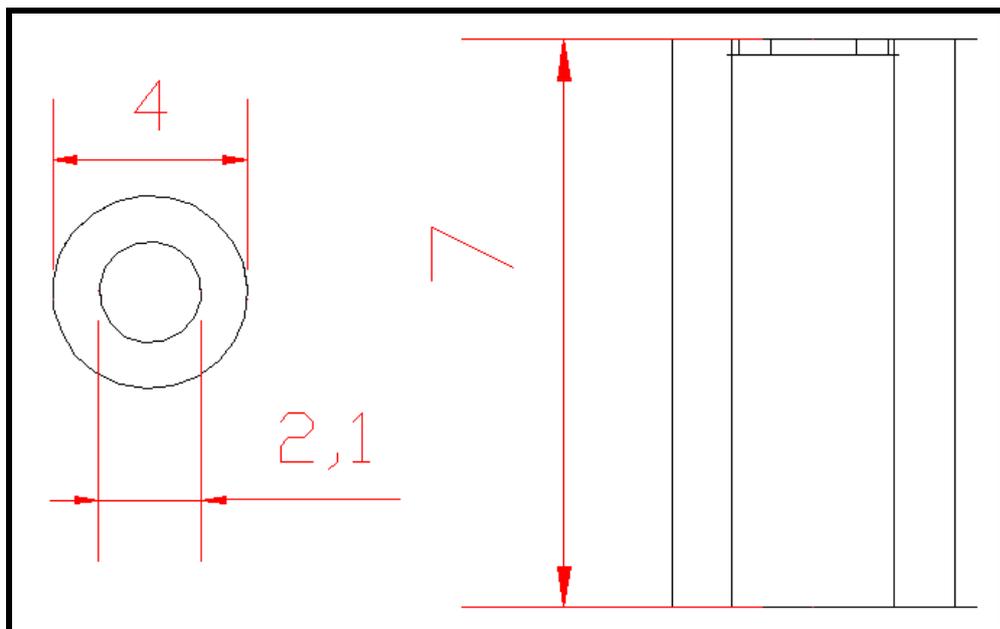


Figura 3. 3. Vista Superior y Lateral del Cilindro (Dimensiones en cm.)

• Rectángulos

La estación de distribución está conformada por cuatro rectángulos para ser procesados. Al lado izquierdo de la figura 3.4 se presentan los diseños de la vista superior, frontal y lateral del rectángulo y al lado derecho de la figura su vista isométrica.

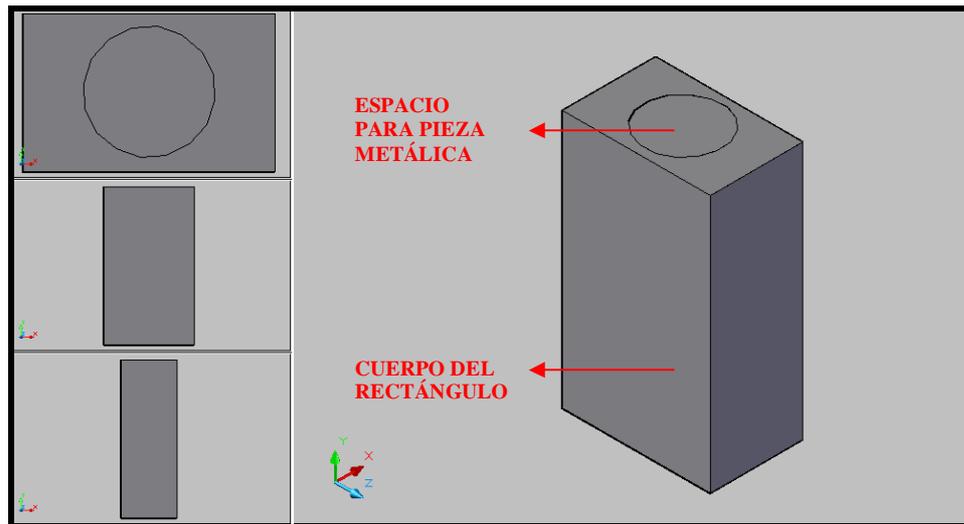


Figura 3.4. Geometría del Rectángulo

La figura 3.5 muestra las dimensiones de la pieza geométrica.

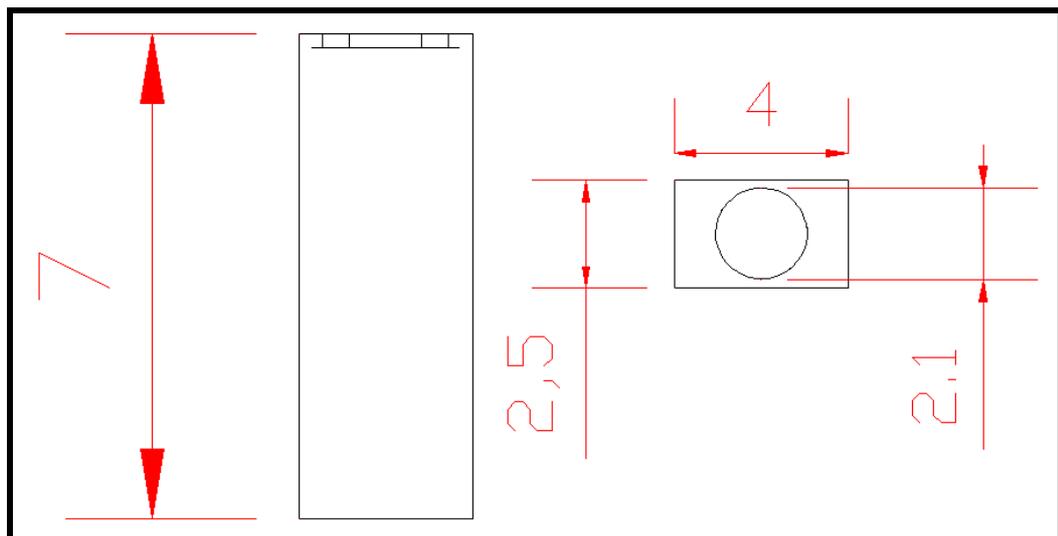


Figura 3.5. Vista Superior y Lateral del Rectángulo (Dimensiones en cm.)

- **Cubos**

La estación de distribución esta conformada por cuatro cubos para ser procesados. Al lado izquierdo de la figura 3.6 se presentan los diseños de la vista superior, frontal y lateral del cubo y al lado derecho de la figura su vista isométrica.

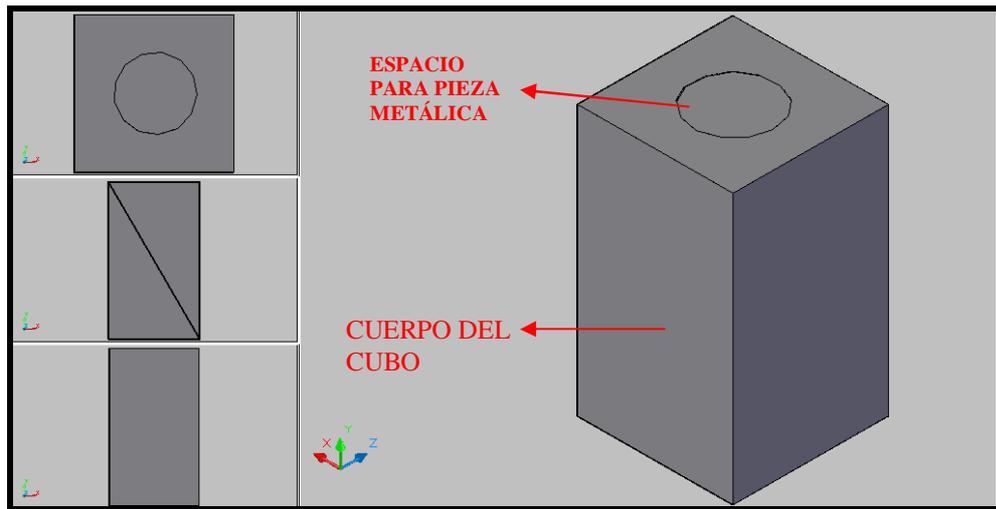


Figura 3. 6. Geometría del Cubo

La figura 3.7 muestra las dimensiones de la pieza geométrica.

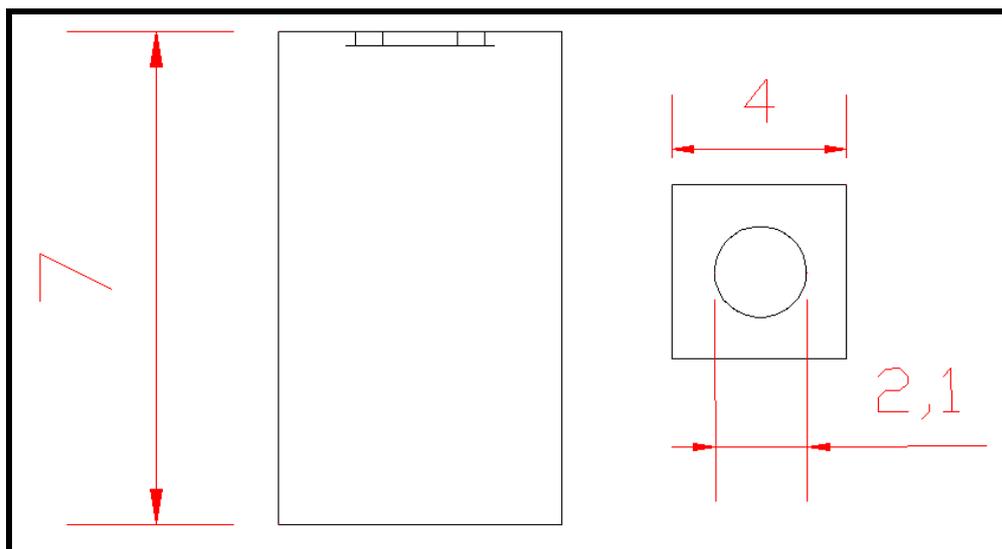


Figura 3. 7. Vista Superior y Lateral del Cubo (Dimensiones en cm.)

3.2.2 Geometría del Sistema de Distribución

Las piezas previamente descritas son distribuidas por esta estación, la misma que consta de un sistema de almacenamiento que ha sido diseñado con la finalidad de distribuir más de una pieza en un proceso.

- **Almacenamiento de Cilindros**

Este sistema ha sido construido totalmente en madera. Al lado izquierdo de la figura 3.8 se presentan los diseños de la vista superior, lateral y frontal del depósito de cilindros, y al lado derecho de la figura se presenta su vista isométrica.

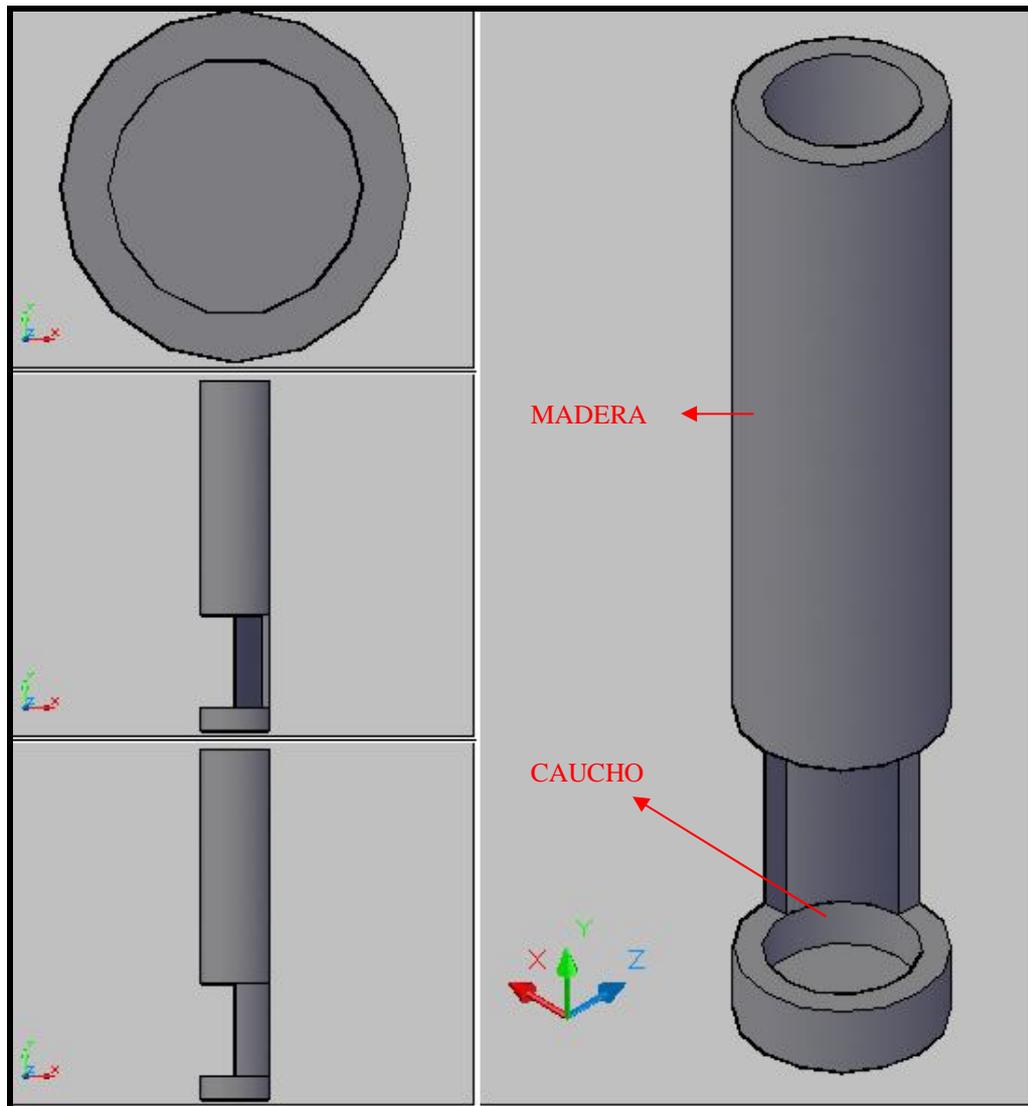


Figura 3. 8. Geometría del Depósito de Cilindros

Este sistema sirve para poder tener almacenados algunos cilindros que van a ser procesados, las especificaciones del sistema son las que se muestran en las figura 3.9 (vista superior del sistema), y en la figura 3.10 (vista lateral derecha del sistema)

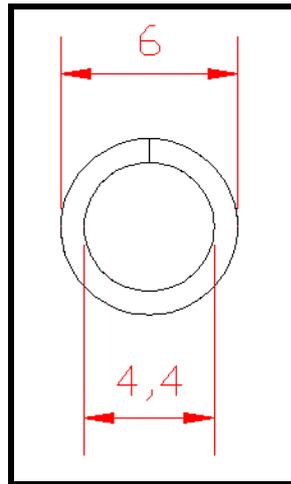


Figura 3. 9. Vista Superior del Depósito de Cilindros (Dimensiones en cm.)

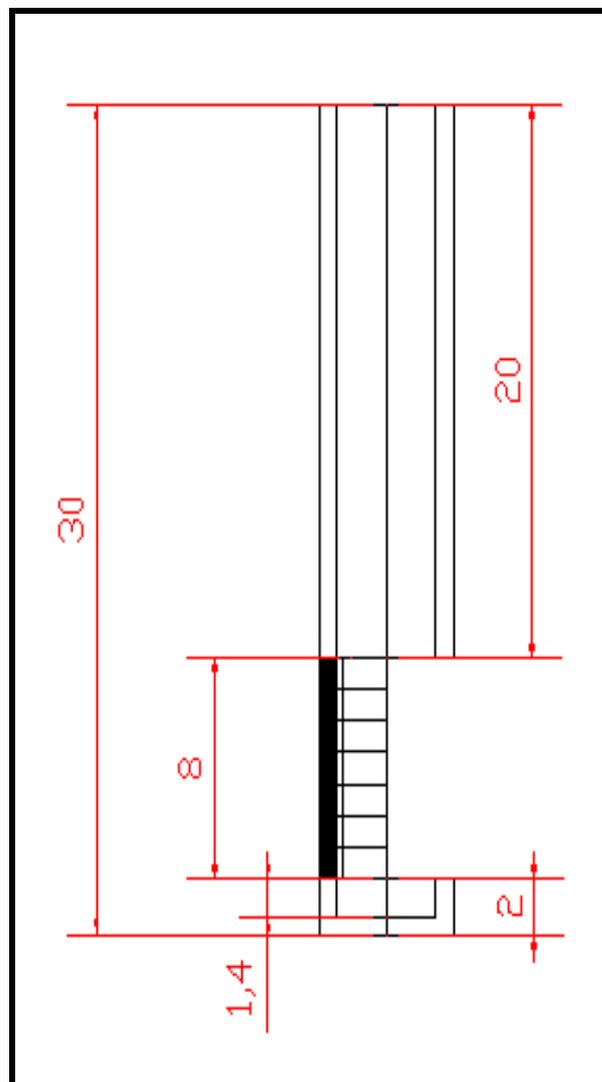


Figura 3. 10. Vista Lateral del Depósito de Cilindros (Dimensiones en cm.)

- **Almacenamiento de Rectángulos**

Este sistema ha sido construido totalmente en madera. Al lado izquierdo de la figura 3.10 se presentan los diseños de la vista superior, lateral y frontal del depósito de rectángulos, y al lado derecho de la figura se presenta su vista isométrica.

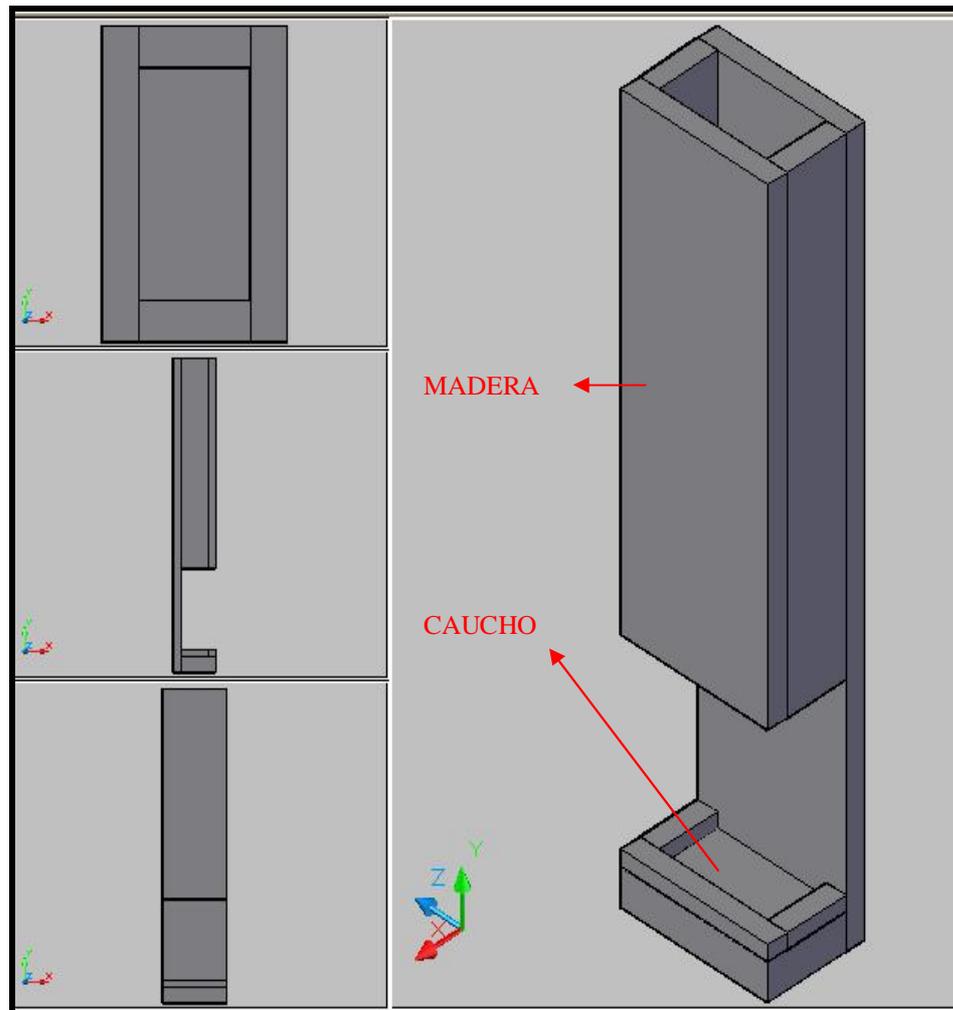


Figura 3. 11. Características del Depósito de Rectángulos

Este sistema sirve para poder tener almacenados algunos rectángulos que van a ser procesados, las especificaciones del sistema son las que se muestran en la figura 3.12 (vista superior del sistema), y en la figura 3.13 (vista lateral derecha del sistema)

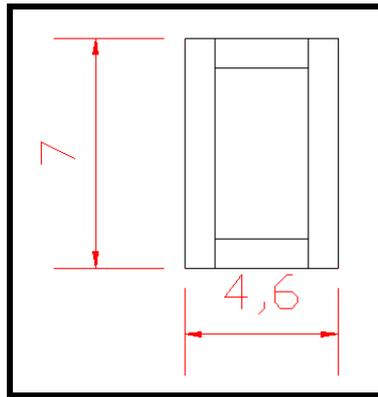


Figura 3. 12. Vista Superior del Depósito de Rectángulos (Dimensiones en cm.)

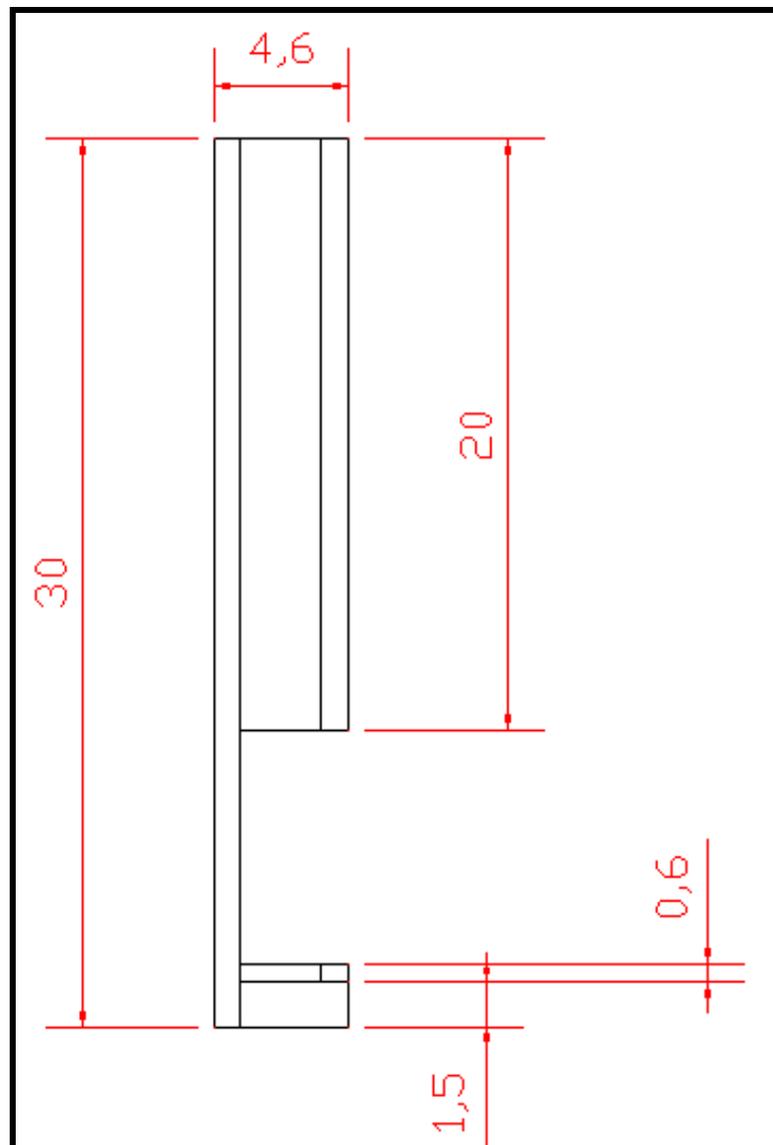


Figura 3. 13. Vista Lateral del Depósito de Rectángulos (Dimensiones en cm.)

- **Almacenamiento de Cubos**

Este sistema ha sido construido totalmente en madera. Al lado izquierdo de la figura 3.14 se presentan los diseños de la vista superior, lateral y frontal del depósito de cubos, y al lado derecho de la figura se presenta su vista isométrica.

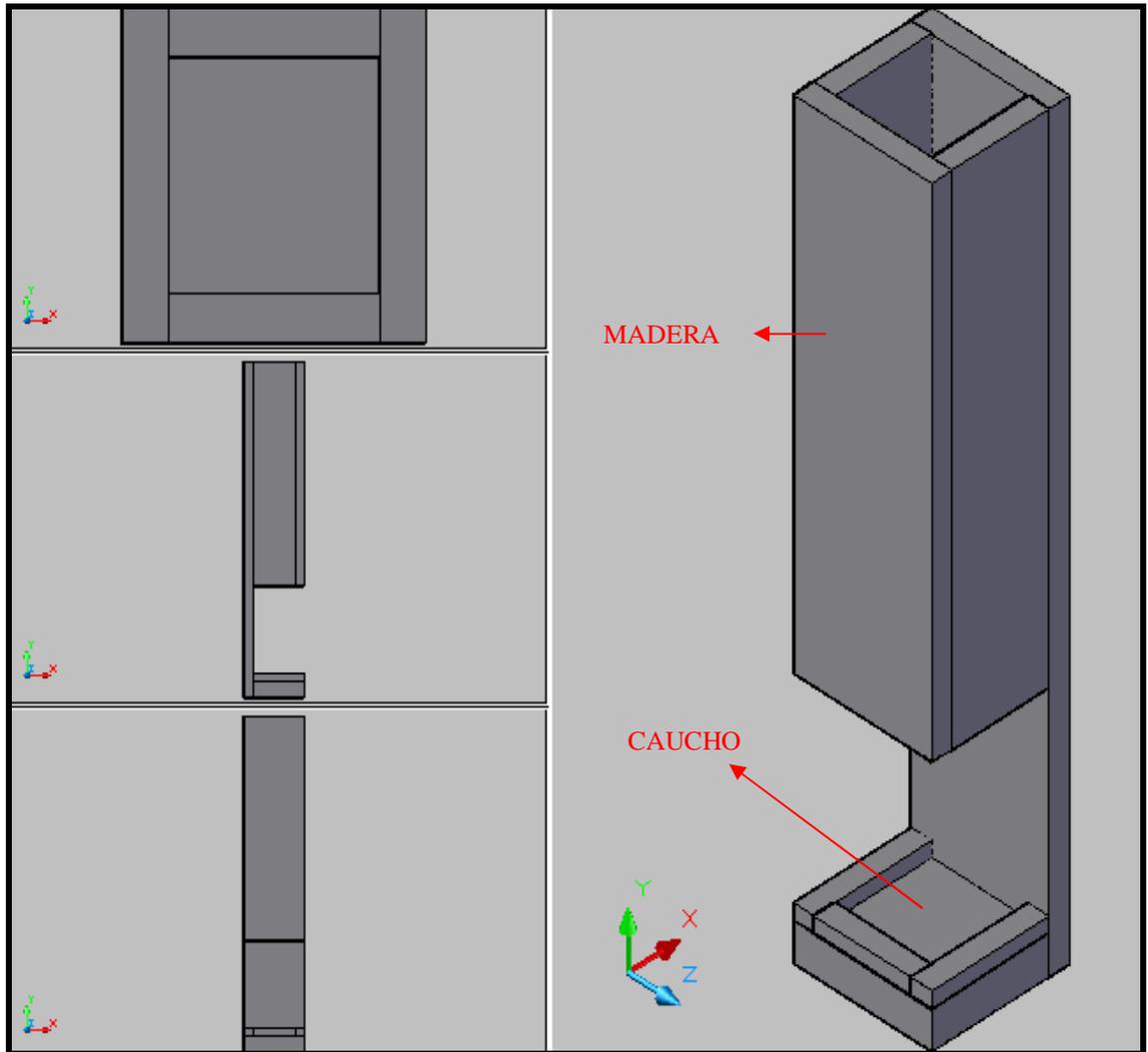


Figura 3. 14. Características del Depósito de Cubos

Este sistema sirve para poder tener almacenados algunos cubos que van a ser procesados, las especificaciones del sistema son las que se muestran en la figura 3.15 (vista superior del sistema), y en la figura 3.16 (vista lateral derecha del sistema)

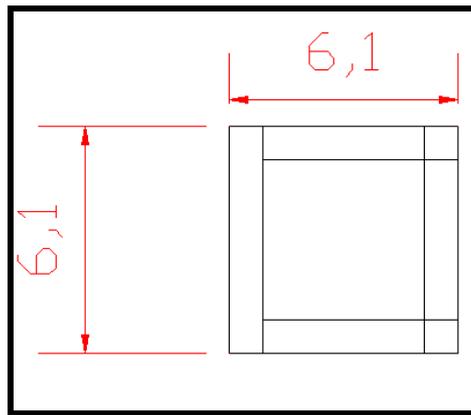


Figura 3. 15. Vista Superior del Depósito de Cubos (Dimensiones en cm.)

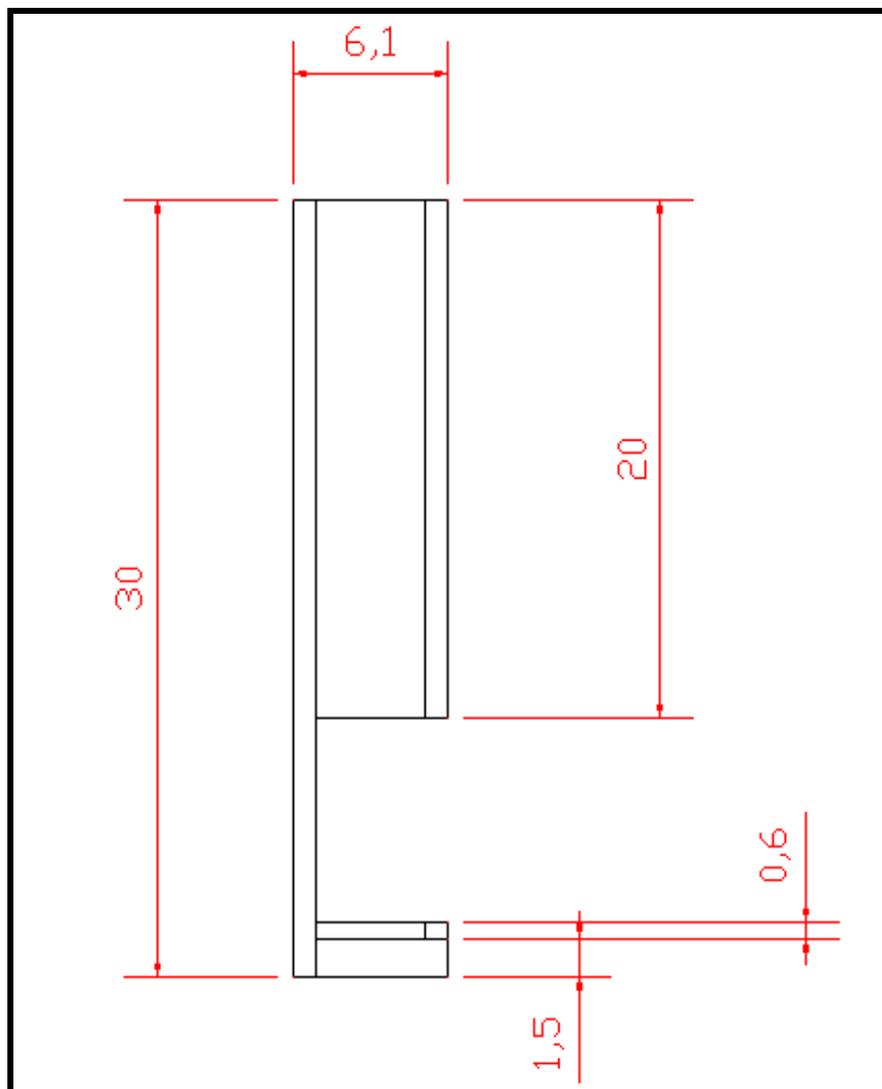


Figura 3. 16. Vista Lateral del Depósito de Cubos (Dimensiones en cm.)

3.2.3 Geometría de la Estación de Procesamiento

En esta estación se realiza la simulación de un proceso de secado de piezas a través del movimiento de una mesa centrífuga, la misma que tiene un espacio específico para cada pieza como se muestra en la figura 3.17. Al lado izquierdo se tiene la vista superior de la mesa y al lado derecho de la figura se tiene su vista isométrica.

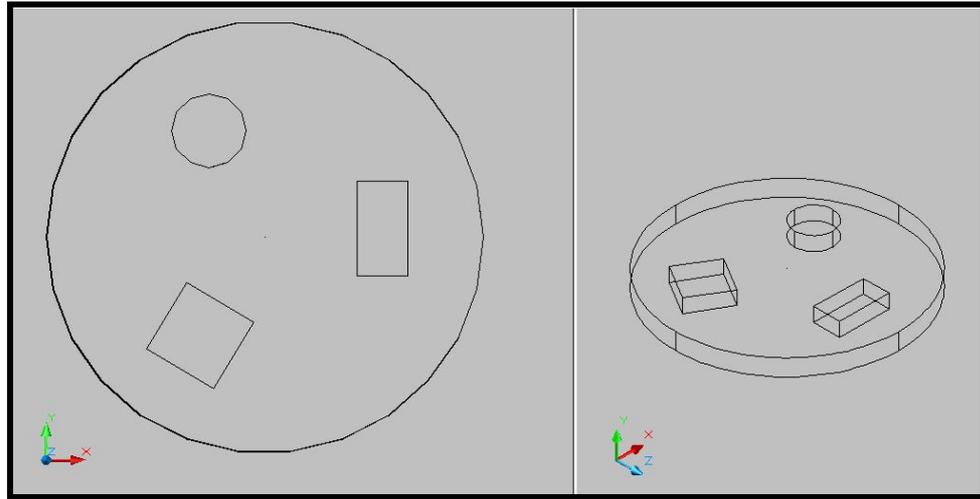


Figura 3. 17. Geometría de la Mesa Centrífuga

Esta mesa ha sido codificada para que el robot pueda saber en que posición debe ser insertada la pieza, por lo que en la parte inferior de la mesa se colocaron barras metálicas, los cuales son identificados por medio de sensores inductivos, para de esta manera poder determinar el lugar en que debe ser colocada cada pieza, la codificación es la mostrada en la tabla 3.1

Tabla 3. 1 Codificación de la Mesa Centrífuga

BIT1	BIT 2	FIGURA
0	1	CILINDRO
1	0	CUBO
1	1	PRISMA

La mesa gira con la ayuda de un motor reductor que ha sido colocado en el eje central para realizar el centrifugado.

Las especificaciones de diseño de la mesa centrífuga son las se que se muestran a continuación en las figuras 3.18 y 3.19

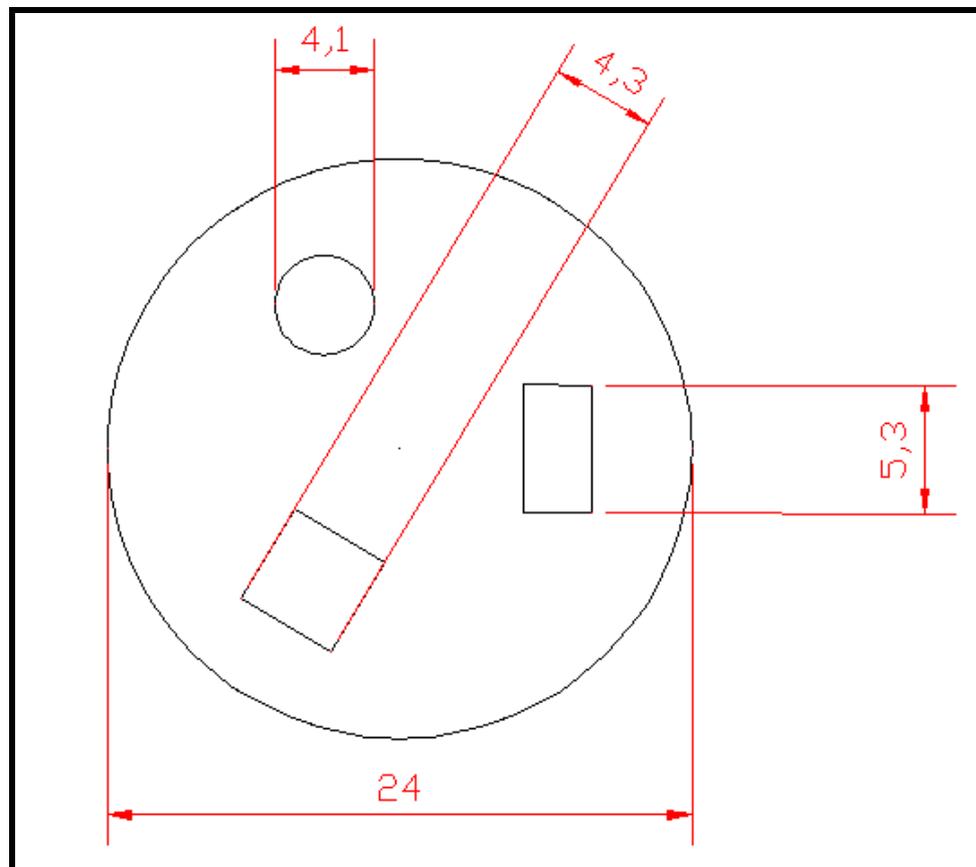


Figura 3. 18. Vista Superior de la Mesa Centrífuga (Dimensiones en cm.)

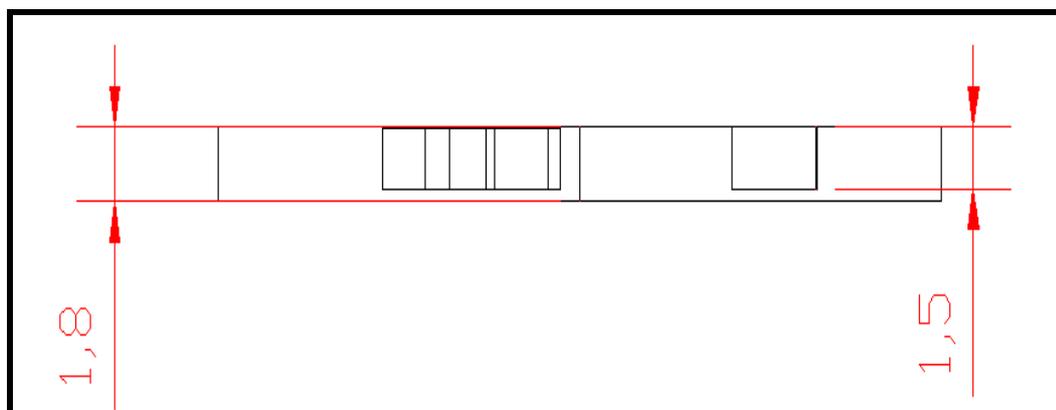


Figura 3. 19. Vista Lateral de la Mesa Centrífuga (Dimensiones en cm.)

Codificación de la Mesa

La codificación de la mesa ha sido realizada como se muestra a continuación, al lado izquierdo de la figura 3.20 se puede observar a la mesa por la parte superior y al lado derecho de la figura se muestra la codificación para la pieza respectiva en la parte inferior de la mesa.

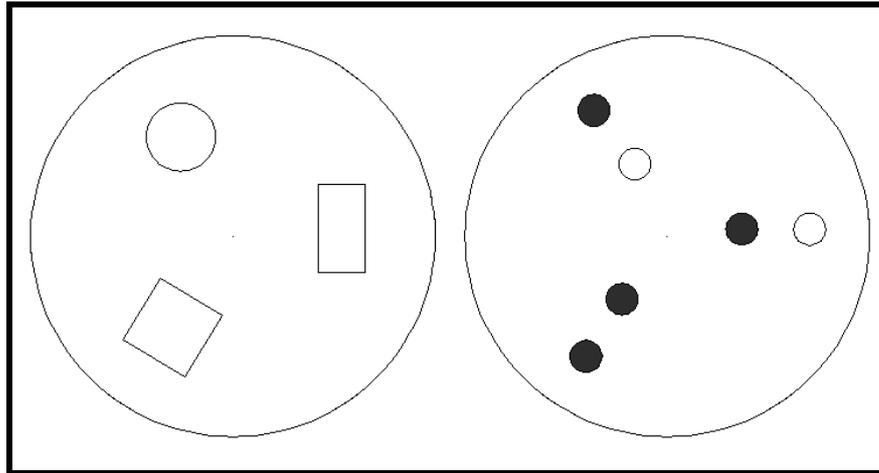


Figura 3. 20. Vista de la Codificación de la Mesa Centrífuga

La mesa gira con los espacios previamente codificados dando lugar a distintas posiciones, permitiendo que los espacios dedicados para cada forma de pieza procesada se puedan encontrar en la parte delantera, haciendo que el trabajo del brazo robótico sea más fácil.

La figura 3.21 muestra la posición en la que la mesa recibe un cilindro.

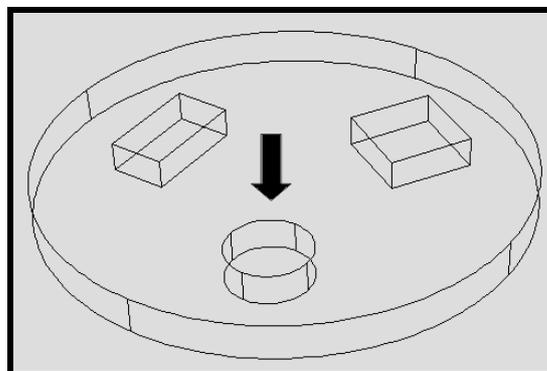


Figura 3. 21. Ubicación de la Mesa Para Recibir una Pieza

3.2.4 Geometría de la Banda Transportadora

Al lado izquierdo de la figura 3.22 se presentan los diseños de la vista frontal, superior y lateral derecha de la banda transportadora, y al lado derecho de la figura se presenta su vista isométrica.

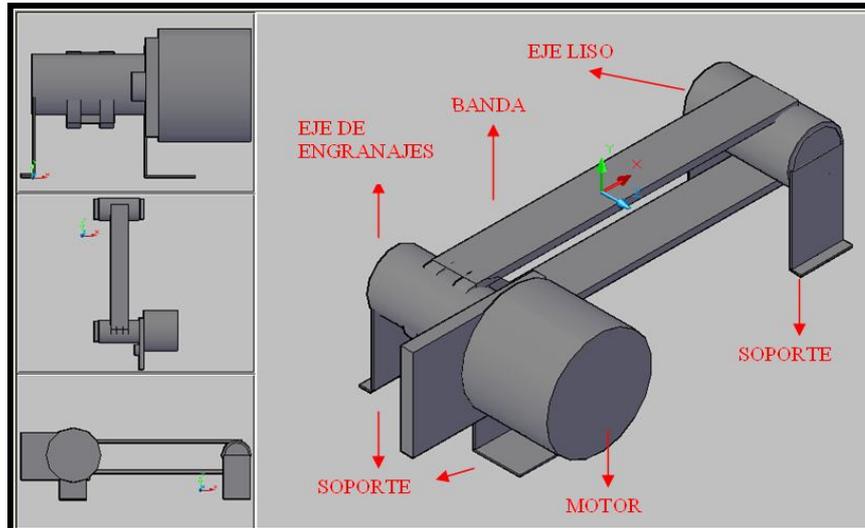


Figura 3.22. Geometría de la Banda Transportadora

Esta banda realiza su movimiento a través de un motor de 12V, al mismo que estarán sujetos engranajes, que con la ayuda de bandas dentadas hacen posible el movimiento de la banda. En la figura 3.23 se muestran las partes que conforman la estructura de la banda transportadora.

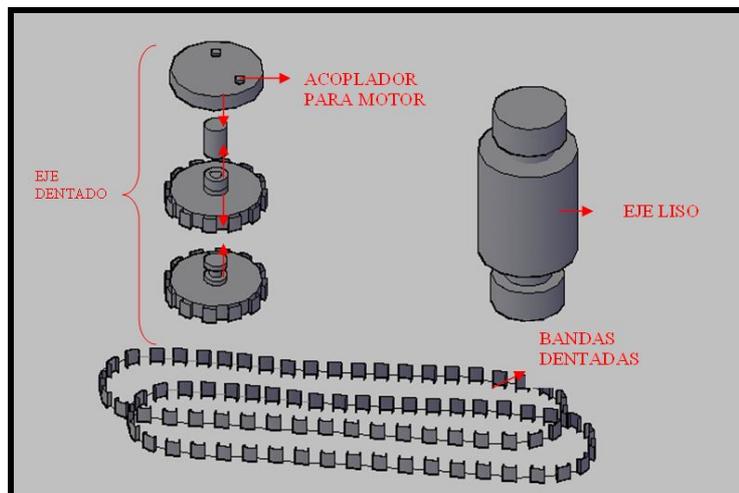


Figura 3.23. Partes de la Banda Transportadora

Las figuras 3.24 y 3.25 muestran las especificaciones en las dimensiones de la banda transportadora.

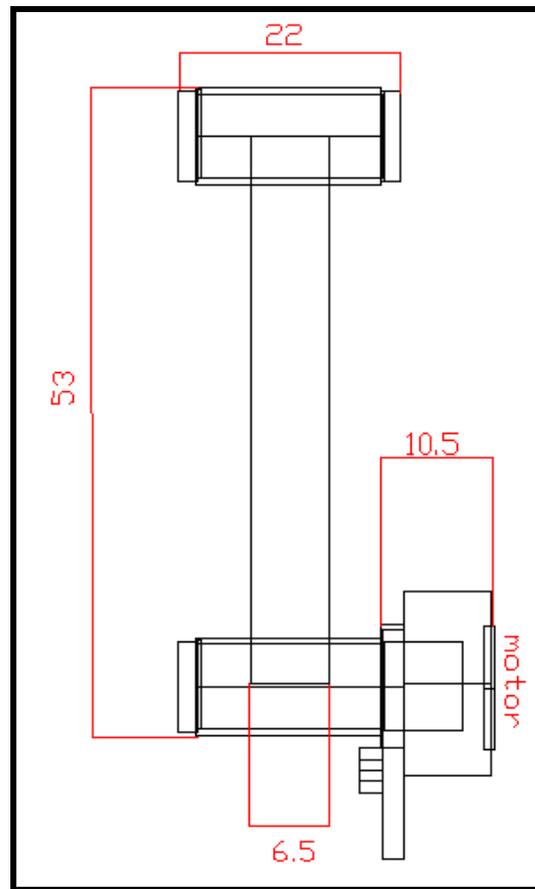


Figura 3. 24. Vista Superior de la banda Transportadora (Dimensiones en cm.)

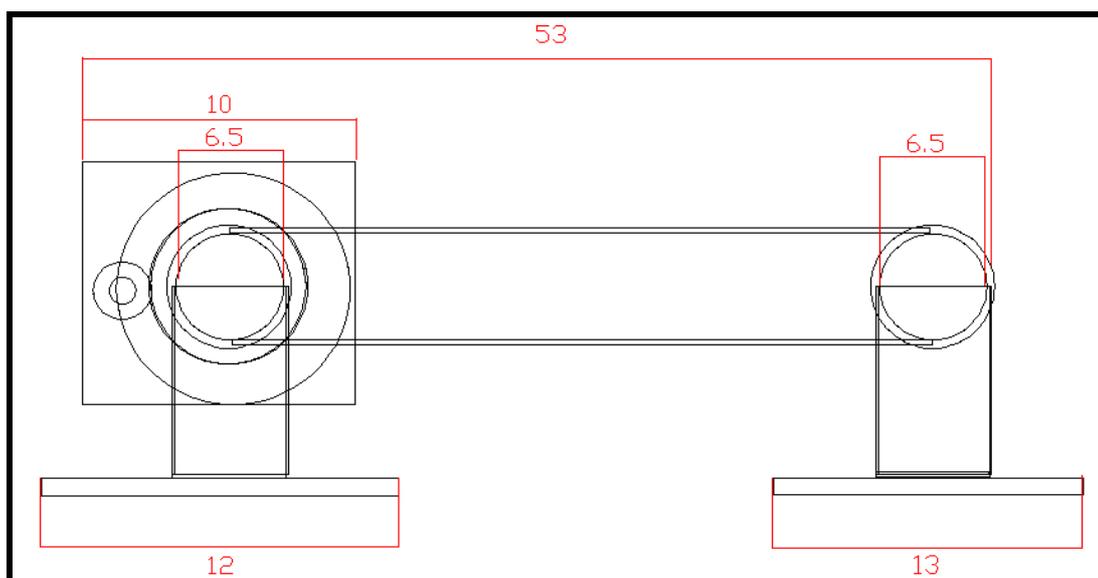


Figura 3. 25. Vista Lateral de la banda Transportadora (Dimensiones en cm.)

3.2.5 Geometría de la Estación de Almacenamiento

Esta estación sirve para poder almacenar las piezas que han pasado el control de calidad, tiene la forma de una matriz de 3x3 y ha sido construida en madera.

La figura 3.26 presenta la estructura de la estación.

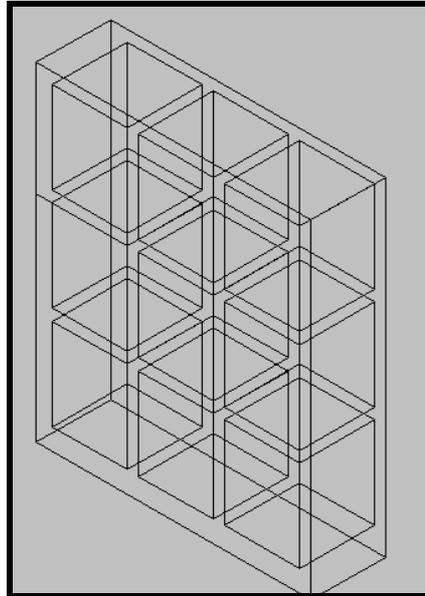


Figura 3. 26. Geometría de la Estación de Almacenamiento

La figura 3.27 presenta la vista frontal con las especificaciones de las medidas de la estación de almacenamiento.

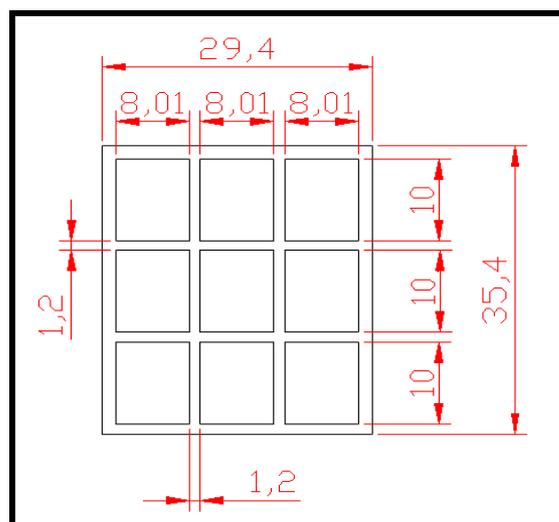


Figura 3. 27. Vista Frontal de la Estación de Almacenamiento (Dimensiones en cm.)

La figura 3.28 presenta la vista isométrica con las especificaciones de las medidas de la estación de almacenamiento.

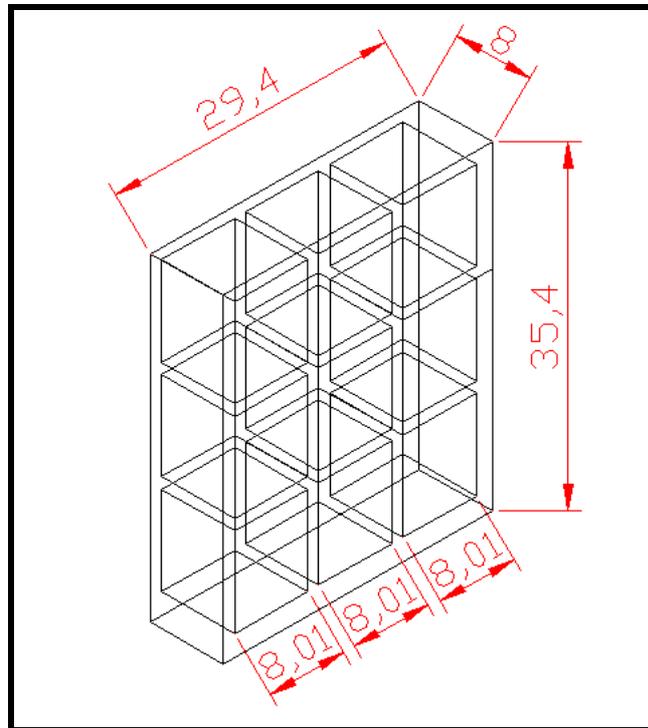


Figura 3. 28. Vista Isométrica de la Estación de Almacenamiento (Dimensiones en cm.)

3.3 DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

3.3.1 Módulo de Entradas y Salidas Para el Puerto GPIO

La celda de manufactura tiene como componentes electrónicos principales el brazo robótico, el controlador C500 y el PLC Modicom Micro 61200, estos son los que controlan y llevan a cabo el proceso de manufactura de la celda, para la interacción de dichos componentes se necesita de un canal que transmita y reciba señales desde el controlador al PLC y viceversa, para establecer dicha comunicación se utiliza el puerto GPIO del controlador y las entradas y salidas del PLC.

La figura 3.29 muestra el circuito interno del puerto GPIO.

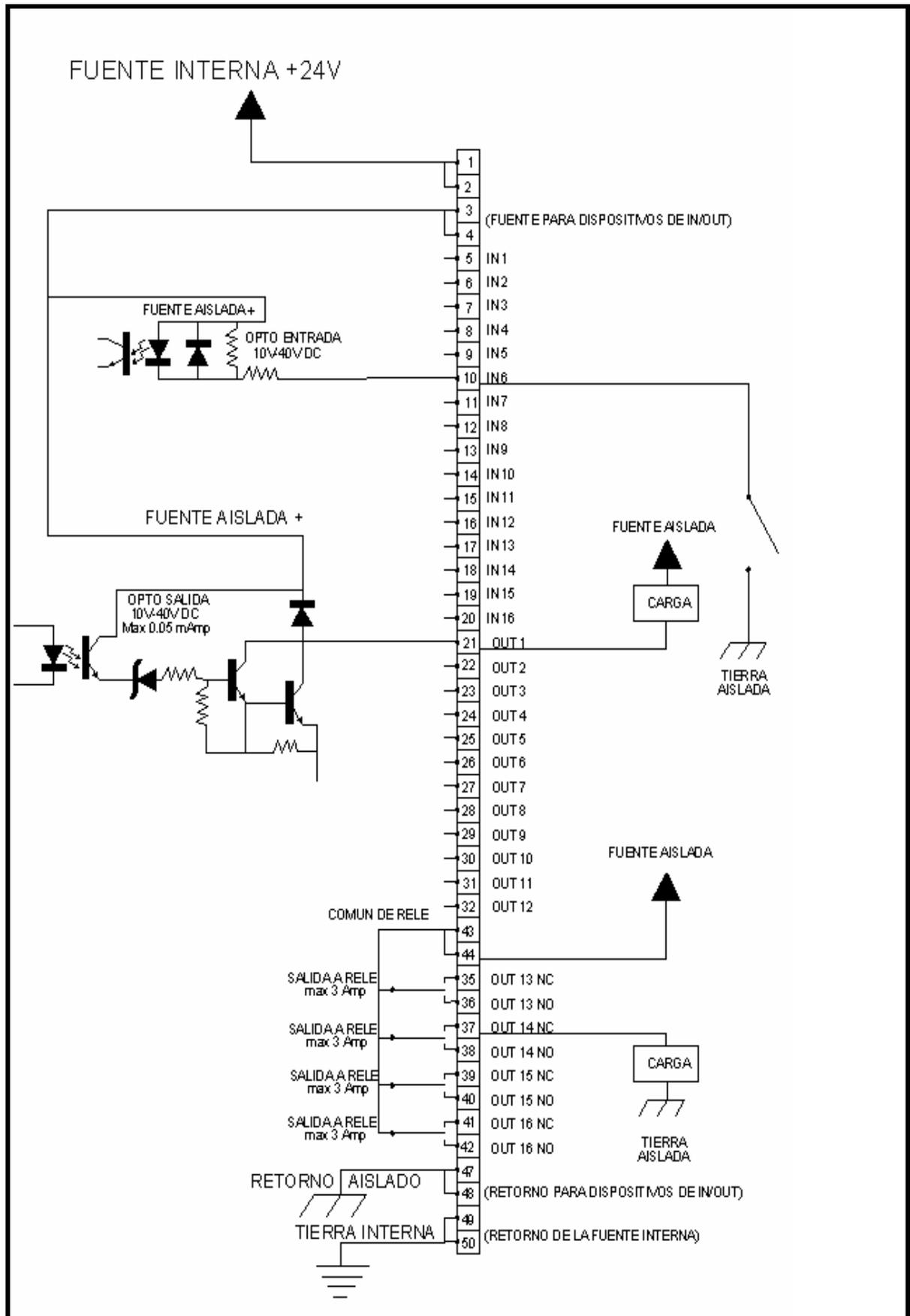


Figura 3. 29. Circuito Interno del Puerto GPIO

- **Diseño**

La lógica y la forma de las conexiones del puerto GPIO es distinta a la que se utiliza en las entradas y salidas del PLC, esto hace necesario el diseño de un módulo de conexiones que haga la conversión de señales para que lleguen a los dos dispositivos electrónicos de manera que puedan ser entendidas y procesadas correctamente. Para realizar las conexiones al controlador del robot se debe conocer la estructura y modo de funcionamiento del Puerto GPIO. Según las necesidades de la celda de manufactura se ha previsto diseñar un módulo de entradas y salidas para el puerto GPIO con las especificaciones que se presentan en la tabla 3.2

Tabla 3. 2 Especificaciones del Módulo de I/O del Puerto GPIO

PARAMETRO	CANTIDAD
ENTRADAS DE SENSORES	4
SALIDAS A RELE	4 NO
ENTRADAS DESDE EL PLC	4
SALIDAS AL PLC	4
FUENTES EXTERNAS	2

Las necesidades de transmisión y recepción de datos entre el PLC y el controlador del robot hacen necesario el diseño de un circuito que permita la conversión de señales, ya que los dos dispositivos usan señales en lógica inversa (PLC trabaja con lógica positiva y el Controlador trabaja en lógica negativa). La figura 3.30 muestra el circuito que se utilizó para realizar la comunicación del PLC al controlador.

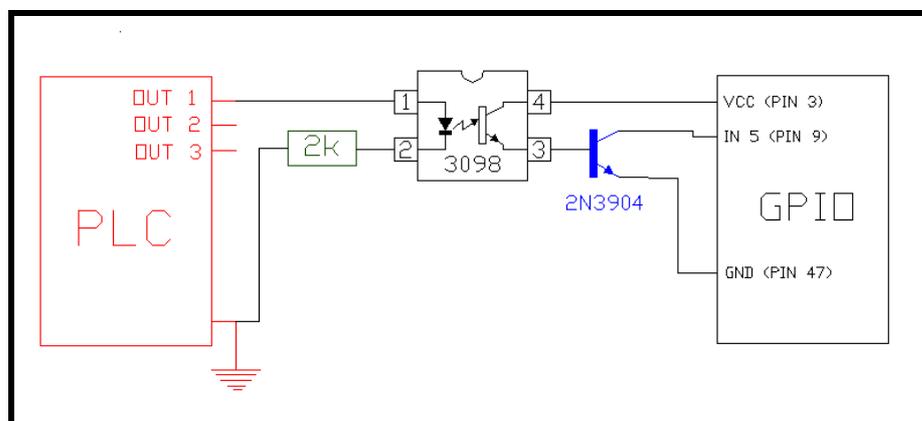


Figura 3. 30. Circuito de Conexión del PLC al controlador

La figura 3.31 muestra el circuito utilizado para realizar la comunicación del controlador al PLC

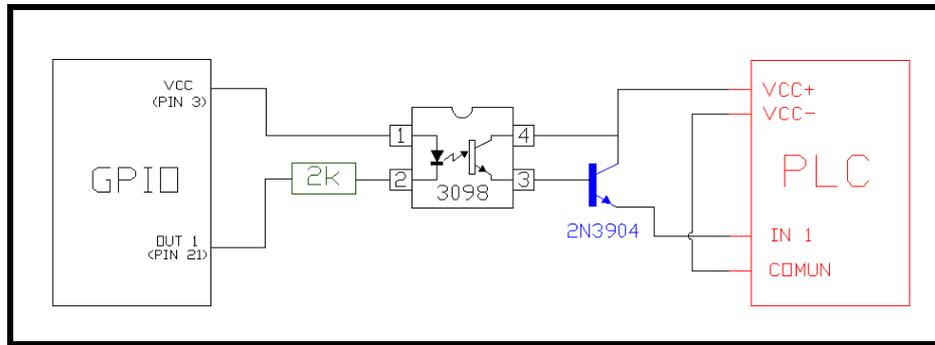


Figura 3. 31. Circuito de Conexión del Controlador al PLC

- **Circuito Interno del Módulo de I/O del Puerto GPIO**

La figura 3.32 muestra la descripción del diseño para las entradas al puerto GPIO

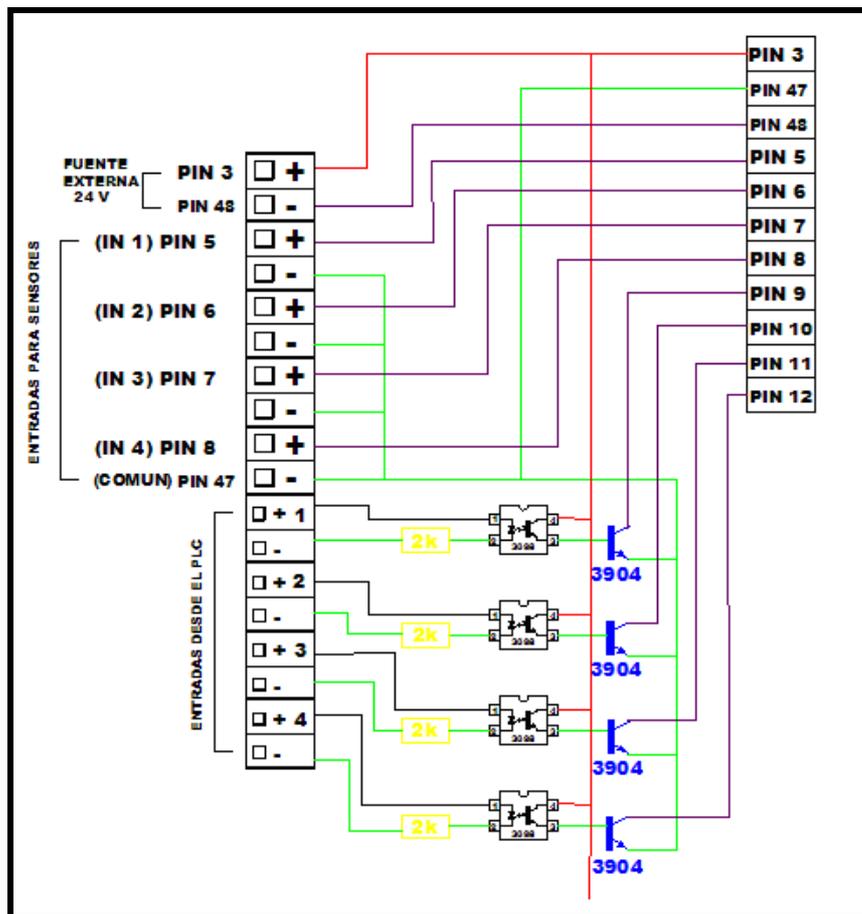


Figura 3. 32. Módulo de I/O del Puerto GPIO (Conexiones de Entrada)

La figura 3.33 muestra la descripción del diseño para las salidas al puerto GPIO

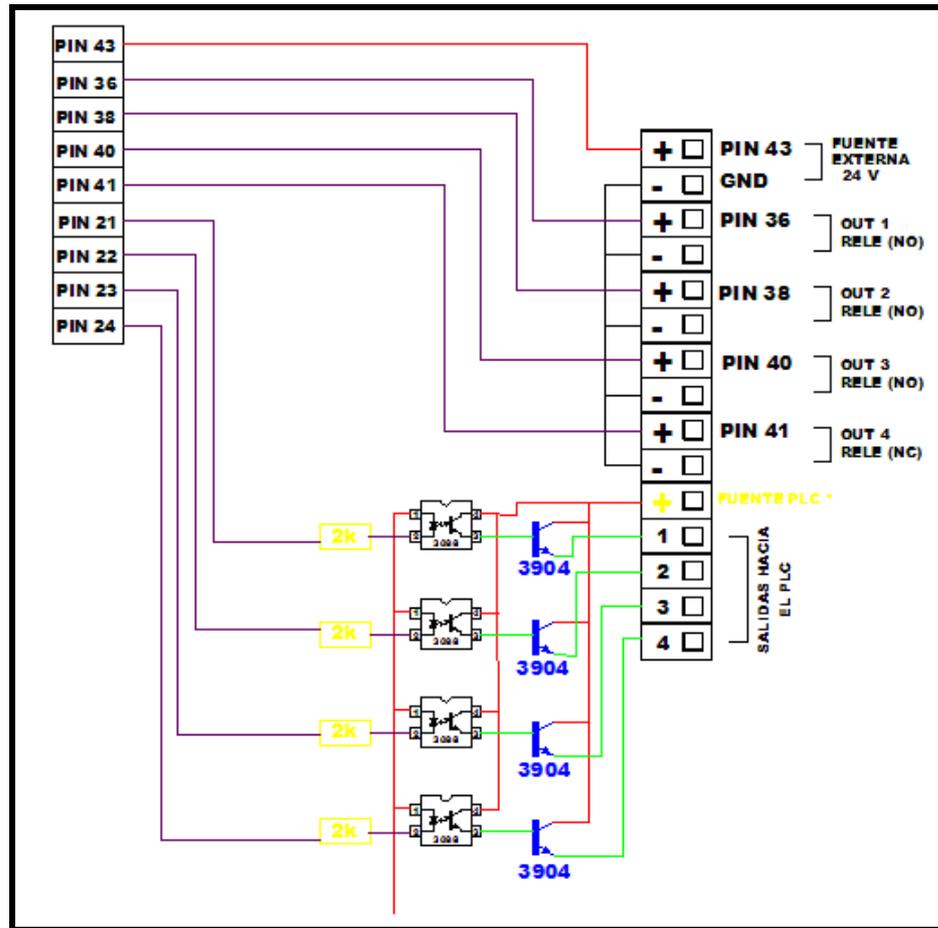


Figura 3.33. Módulo de I/O del Puerto GPIO (Conexiones de Salida)

La tabla 3.3 muestra la descripción de los pines utilizados para las entradas en el módulo del puerto GPIO

Tabla 3.3 Pines Utilizados para entradas en el Módulo de I/O del Puerto GPIO

PIN	DESCRIPCION
3 – 4	VCC+ (FUENTE EXTERNA 1)
5	ENTRADA 1
6	ENTRADA 2
7	ENTRADA 3
8	ENTRADA 4
9	ENTRADA 5
10	ENTRADA 6
11	ENTRADA 7
12	ENTRADA 8

La tabla 3.4 muestra la descripción de los pines utilizados para las salidas en el módulo del puerto GPIO

Tabla 3. 4 Pines Utilizados para entradas en el Módulo de I/O del Puerto GPIO

PIN	DESCRIPCION
21	SALIDA 1
22	SALIDA 2
23	SALIDA 3
24	SALIDA 4
36	SALIDA 1 A RELÉ (NA)
38	SALIDA 2 A RELÉ (NA)
40	SALIDA 3 A RELÉ (NA)
42	SALIDA 4 A RELÉ (NA)
43	VCC+ (FUENTE EXTERNA 2)

- **Planos y Dimensiones del Módulo de I/O del Puerto GPIO**

La figura 3.34 muestra las dimensiones del módulo GPIO implementado.

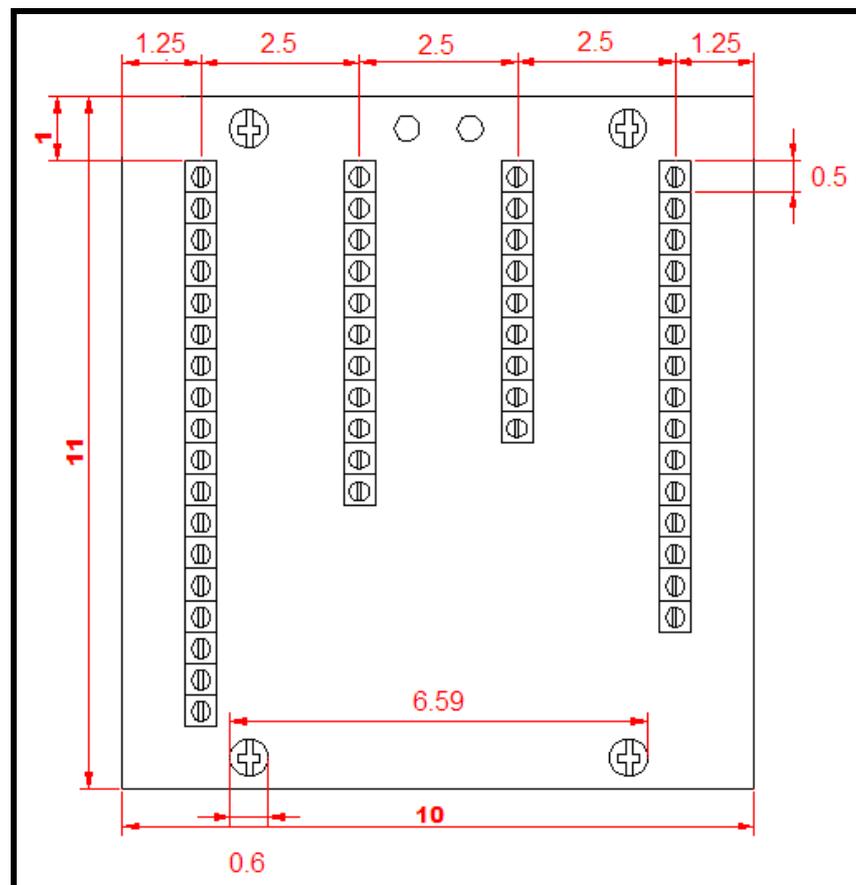


Figura 3. 34. Dimensiones del Módulo de I/O del Puerto GPIO (Dimensiones en cm.)

La figura 3.35 muestra la vista lateral derecha con las respectivas dimensiones del módulo GPIO implementado.

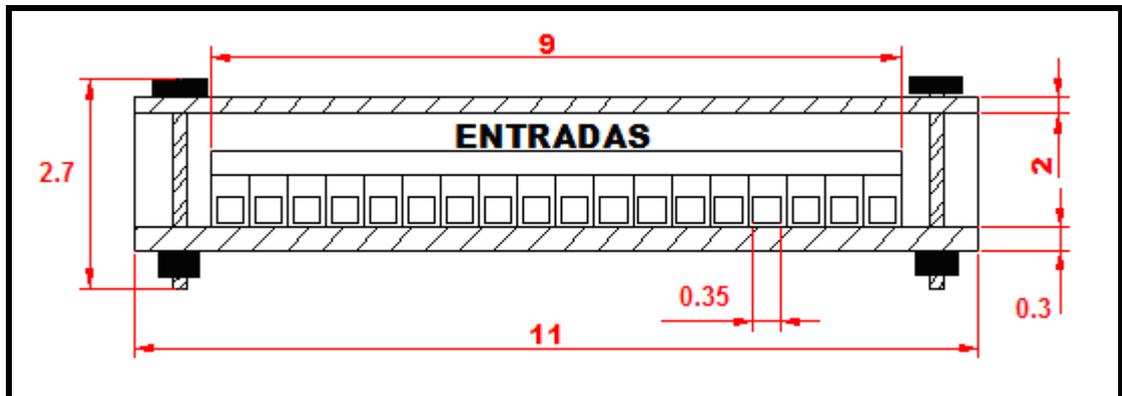


Figura 3. 35. Módulo de I/O del Puerto GPIO (Vista Lateral Derecha) (Dimensiones en cm.)

La figura 3.36 muestra la vista lateral izquierda con las respectivas dimensiones del módulo GPIO implementado.

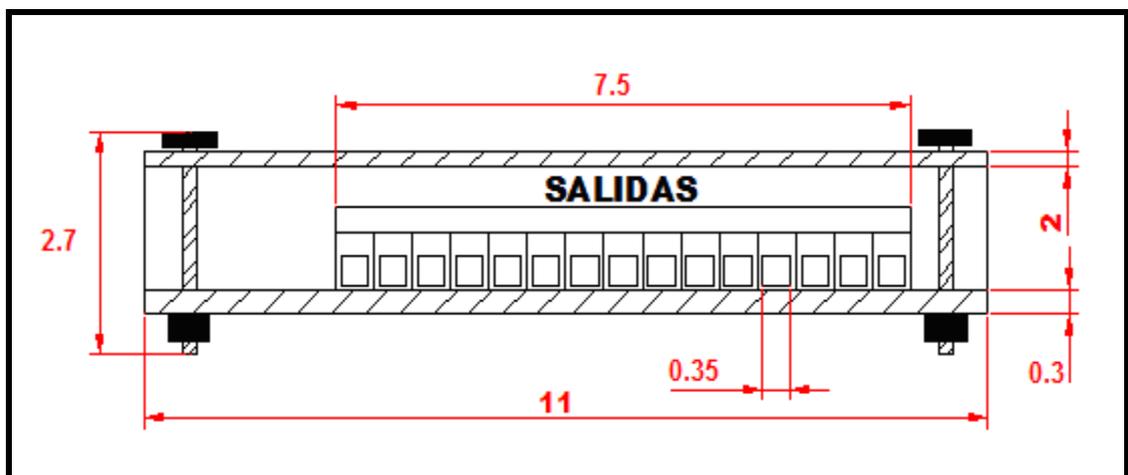


Figura 3. 36. Módulo de I/O del Puerto GPIO (Vista Lateral Izquierda) (Dimensiones en cm.)

- **Lista de Materiales**

La tabla 3.5 muestra los materiales utilizados para la implementación del módulo GPIO, también tiene el detalle de la cantidad de elementos utilizados para la construcción del módulo.

Tabla 3. 5 Materiales Utilizados en la Implementación del Módulo de I/O del Puerto GPIO

ARTÍCULO	CANTIDAD
BAQUELITA CON CIRCUITO IMPRESO	1 u
RESISTENCIA DE 2 Kohms	8 u
OPTOACOPLADOR 3098	8 u
TRANSISTOR NPN 2N3904	8 u
BORNERA TRIPLE	18 u
CABLE DE CONEXIÓN DE 25 HILOS	2 m
CONECTOR DE 50 PINES (DB 50)	1 u
AMARRA PLÁSTICA	1 u
LÁMINA DE ACRILICO TRANSPARENTE	1 u
PERNO DE 2.5" CON TUERCAS Y RODELA	4 u

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN, IMPLEMENTACION E INTEGRACIÓN DE LA CELDA DE MANUFACTURA

4.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES

Luego de realizar el análisis de las estaciones con las que se conformaría la celda de manufactura, se procede a la selección de los componentes electrónicos y mecánicos necesarios para la integración total de las estaciones, con esto se realizó la implementación de un prototipo de Celda de Manufactura para el Sistema Robótico CRS A255 del Laboratorio de Robótica de la Escuela Politécnica del Ejército.

4.1.1 Computador

El uso de computadores en la celda de manufactura es necesario para poder complementar todo el trabajo que se lleva en el proceso, con su inserción el proceso alcanza el tercer nivel de automatización.

Además, es necesaria su integración para programar el controlador C500 del robot a través del software ROBCOM y para programar el PLC Modicon Micro 61200 por medio del software ProWORX.

Adicionalmente se utiliza para realizar el control y monitoreo del proceso de forma remota por medio de una aplicación en In Touch.

4.1.2 PLC MODICON MICRO 61200

El PLC modicon micro 61200 se utiliza en la Celda de Manufactura para el intercambio de señales con el controlador del robot, es necesaria la anexión del PLC a los demás dispositivos electrónicos para que se pueda utilizar el software de visualización (In Touch) con el objetivo de controlar el proceso desde un computador, además por medio de la aplicación de In Touch se pueden enviar señales al robot como: INICIO DEL PROCESO, NÚMERO DE PROCESOS QUE DESEA REALIZAR, CALIDAD DEL ELEMENTO PROCESADO, TIEMPO DE PROCESAMIENTO, etc. se recibe señales desde la celda y el controlador del robot para la visualización del proceso que se lleva a cabo. En la figura 4.1 se puede observar el PLC modicon micro 61200.



Figura 4. 1. Plc micro modicon 61200

Factores Cuantitativos del PLC

- **Número y tipo de entradas y salidas**

En la tabla 4.1 se muestra el número de entradas y salidas del PLC Modicon Micro 61200, también se presentan las respectivas especificaciones del tipo de entradas y salidas que tiene el PLC

Tabla 4. 1 Número de I/O del PLC micro modicon 61200

	CANTIDAD	TIPO	CARACTERÍSTICAS
ENTRADAS	16	Discretas	24 VDC
	4	Analógicas	±10 V, 0 a 10 V, 4 a 20 mA.
SALIDAS	12	Discretas	Salidas a rele
	2	Analógicas	4 a 20 mA. 12 a 30 V 0 to 10 V; 10 mA. max;

- **Scan time**
0,2 mseg.
- **Arquitectura de control**
Local, remota y distribuida
- **Software**
ProWORX
- **Capacidad de comunicaciones (periféricos)**
2 puertos RS485
- **Condiciones físicas y ambientales**

Temperatura ambiental: 0-60 °C; 0-95% RH

Temperatura de almacenamiento: -40 a +85 °C

4.1.3 Sistema Robótico CRS A255

El sistema robótico CRS A255, es el elemento principal de la celda de manufactura, es el encargado de la manipulación de materia prima y producto terminado en todo el proceso de producción que se lleva a cabo, el diseño de la celda esta en función de las características principales del brazo robótico, su alcance (560 mm.) y su espacio de trabajo (350° plano horizontal y 150° plano vertical).

Estos parámetros deben ser considerados para que el brazo cubra las zonas donde se encuentran las estaciones de la celda de manufactura sin problemas.

En la figura 4.2 se puede observar el sistema robótico CRS A-255



Figura 4. 2. Robot CRS A255

En la figura 4.3 se presenta el controlador del robot CRS A255, el mismo que es el encargado de la programación del robot.



Figura 4. 3. Robot CRS A255

4.1.4 Sensores Inductivos IF-2004-FRKG

Los sensores inductivos IF-2004-FRKG son dispositivos utilizados para detectar presencia de objetos metálicos según su proximidad, los sensores se utilizan en la celda de manufactura para determinar el lugar donde encajan las piezas de materia

prima según su geometría en la mesa centrífuga y para simular un control de calidad en el producto terminado. En la tabla 4.2 se puede observar la tabla de especificaciones del sensor

Tabla 4. 2 Especificaciones del Sensor IF-2004-FRKG

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
MODELO	IF-2004-FRKG
TIPO	INDUCTIVO DE PROXIMIDAD
DIÁMETRO	12 mm.
DISTANCIA DE SENSAMIENTO	4 mm.
TENSION DE ALIMENTACIÓN	10 - 55 VDC
CONEXIÓN A UTILIZAR	NORMALMENTE ABIERTO
MATERIAL	PLÁSTICO
CARGA MÁXIMA	400 mA.
CAÍDA DE TENSIÓN	4,6 V
CONSUMO DE CORRIENTE	0,5 mA.
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	1500 Hz.
INDICACIÓN DE ESTADO	POR LED
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	-15 a 80 °
CARGA MÍNIMA	4 mA
PROTECCIONES	CORTOCIRCUITO Y SOBRECORRIENTE

En la figura 4.4 se puede observar los sensores inductivos utilizados en la implementación de la celda de manufactura.

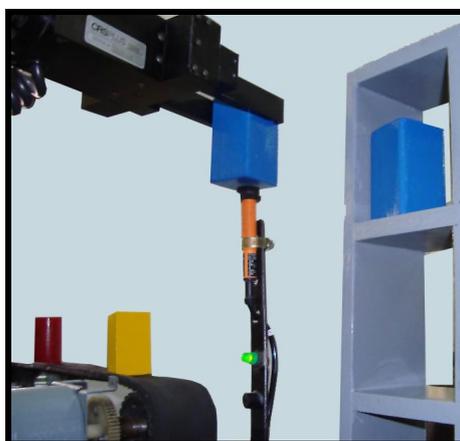


Figura 4. 4. Sensor inductivo

4.2 CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA CELDA DE MANUFACTURA

4.2.1 Módulo de entradas y salidas del puerto GPIO

El uso del módulo de entradas y salidas del puerto GPIO es primordial en la implementación de la celda de manufactura, pues este permite la comunicación entre el PLC y el robot, ya que conmuta las salidas del controlador a lógica positiva para el PLC, así como también conmuta las entradas desde el PLC al controlador a lógica negativa para que en ambos casos las señales puedan ser reconocidas por dichos dispositivos. Para el diseño y construcción del módulo es necesaria la utilización del opto acoplador NTE3098, y del transistor 2N3904, así como también la utilización de resistencias de $2K\Omega$ ya que estos elementos permiten realizar la conversión de señales de ambos elementos.

El dispositivo NTE 3098 es un fototransistor óptico que tiene acoplado un diodo de luz infrarroja. En la Figura 4.5 se puede observar el diagrama de pines del fototransistor 3098 utilizado.

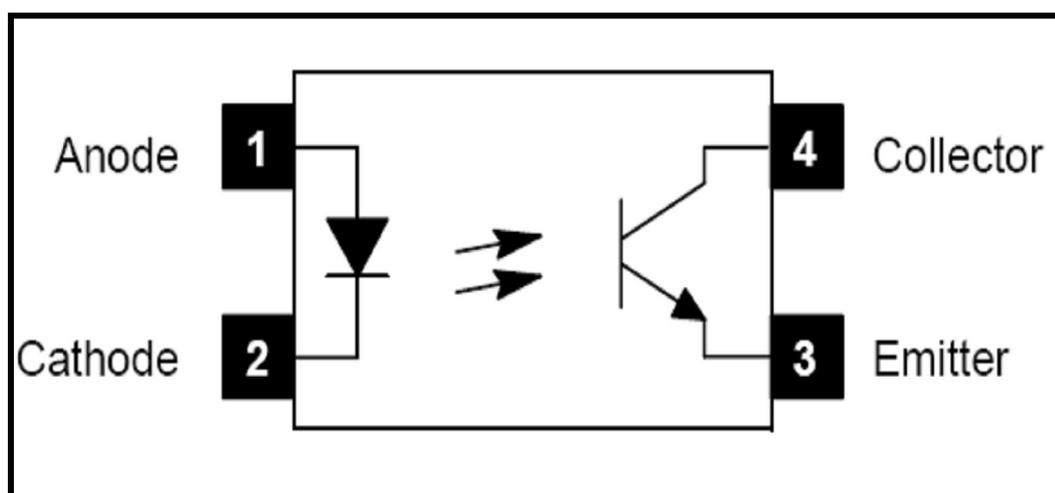


Figura 4. 5. NTE3098

El transistor 2N3904 es un transistor tipo NPN el mismo que es utilizado para cerrar el circuito a tierra en el caso de que la señal sea una entrada al controlador del robot, y cierra el circuito a 24V en el caso de que la señal sea una entrada al

PLC desde el controlador. En la figura 4.6 se puede observar la estructura del transistor 2N3904

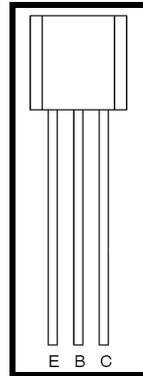


Figura 4. 6.2N3904

En el capítulo II se encuentra documentado el diseño eléctrico del módulo de entradas y salidas de propósito general del puerto GPIO del controlador del robot, este puerto recibe señales de las estaciones de trabajo, del PLC y de los sensores que se utilizan en la mesa centrífuga y en el sistema de control de calidad, además envía señales hacia el PLC para que se encargue de activar otros elementos de la celda y se pueda visualizar el proceso en el software In Touch en una computadora.

La figura 4.7 muestra el Módulo GPIO implementado.

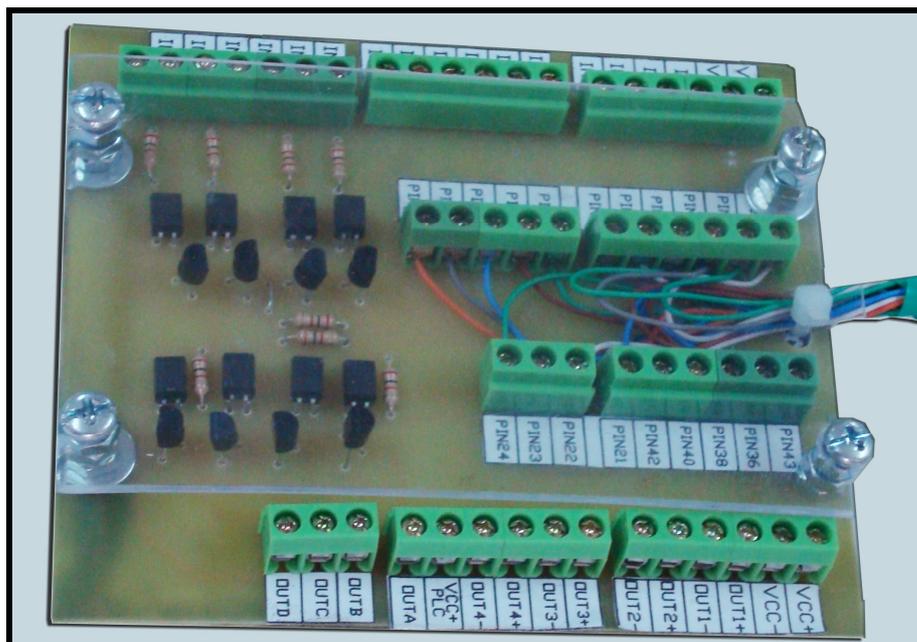


Figura 4. 7.Módulo de I/O del Puerto GPIO

Las señales que se reciben a través del puerto GPIO también son necesarias para que el controlador opere el brazo robótico en modo automático. Para esto, un programa es desarrollado en el software ROBCOM y es grabado en la memoria del controlador, para que el programa trabaje automáticamente debe estar en modo de ejecución (RUN), esto hace que el brazo robótico trabaje según las señales que le lleguen al controlador a través del puerto GPIO.

4.2.2 Banda Transportadora

Es un elemento mecánico que forma parte de la celda de manufactura para transportar producto de mala calidad.

Partes con las que consta la banda transportadora:

- Bandas Dentadas
- Rodamientos
- Engranajes
- Motor Reductor DC
- Banda de Caucho
- Eje de Rodamiento
- Estructura Metálica
- Base de madera
- Soportes metálicos laterales

La generación del movimiento de la banda transportadora está dada por un motor reductor que funciona hasta con 24 VDC, este motor está conectado a dos engranajes donde encajan dos bandas dentadas, estas bandas sostienen a la banda de caucho sobre la cual se transporta el producto.

En la figura 4.8 se puede observar la banda transportadora implementada.

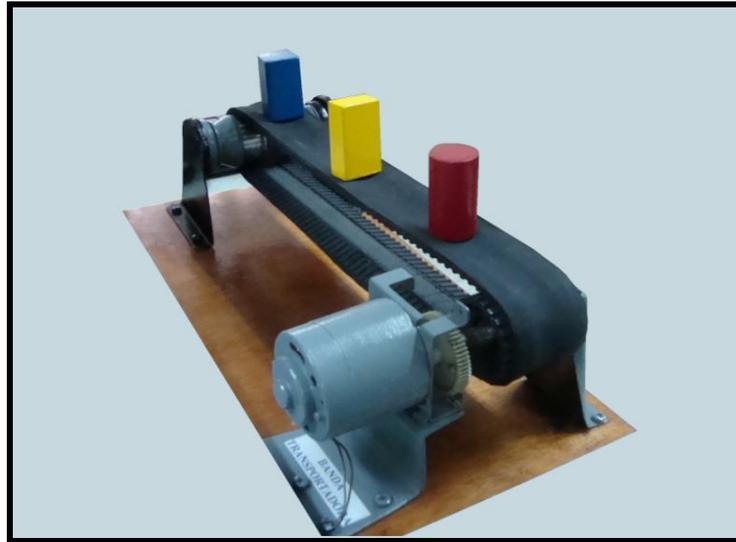


Figura 4. 8. Banda Transportadora

4.2.3 Mesa Centrífuga

La mesa centrífuga, está conformada por un disco de madera, que contiene tres agujeros (uno circular, otro cuadrado y otro rectangular) en los que se van a colocar las piezas según su forma geométrica, para su movimiento se tiene un motor de 12 VDC acoplado en la parte inferior del disco. En la figura 4.9 se puede observar la mesa centrífuga implementada.



Figura 4. 9.Mesa Centrífuga

Se integró un reductor mecánico al motor de la mesa centrífuga, pues con este se pudo incrementar el torque de la mesa y disminuir su velocidad, se utilizó un juego de rulimanes de 10 a 1, logrando disminuir la velocidad de la mesa 10 veces. En la Figura 4.10 se puede observar el reductor implementado en la mesa centrífuga.



Figura 4. 10. Reductor de Velocidad

4.2.4 Distribuidor de Materia Prima

Está formado por tres surtidores de piezas de distinta forma geométrica (cilindro, cuadrado y rectángulo). Para formar la estación de distribución se construyeron los tres surtidores sobre una base de madera con la suficiente separación entre ellos para que el gripper del brazo robótico pueda manipular las piezas de cualquiera de los tres surtidores sin problemas. En la figura 4.11 se puede observar el distribuidor de piezas.



Figura 4. 11. Distribuidor de Piezas

4.2.5 Matriz de Almacenamiento de Producto Terminado

Consta de una matriz que permite alojar hasta nueve productos terminados, es una matriz de tres por tres y cada espacio tiene las dimensiones suficientes para alojar a una sola pieza, se destinan tres lugares para cada tipo de pieza según su forma geométrica. En la figura 4.12 se observa la matriz de almacenamiento de piezas.



Figura 4.12. Matriz de Almacenamiento

4.2.6 Distribuidor de Vasos para Sustancias Reactivas

Es un diseño que puede ser colocado en la parte superior de la matriz para realizar otro tipo de prácticas en las cuales se utiliza vasos precipitantes, ya que tiene un espacio dedicado para estos componentes. En la figura 4.13 se puede observar el diseño estructural del distribuidor.

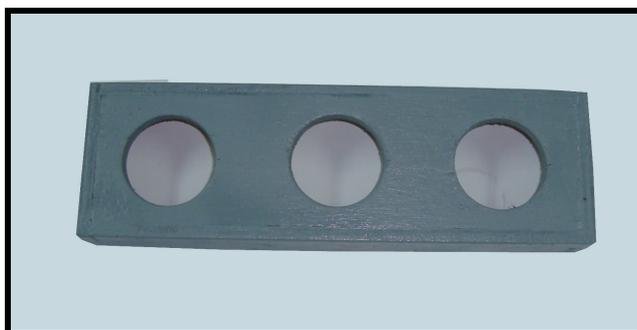


Figura 4.13. Distribuidor de Vasos

4.2.7 Depósito para Desecho

Es una caja rectangular de madera que simplemente recibe el producto de mala calidad. En la figura 4.14 se puede observar la estructura de la caja.

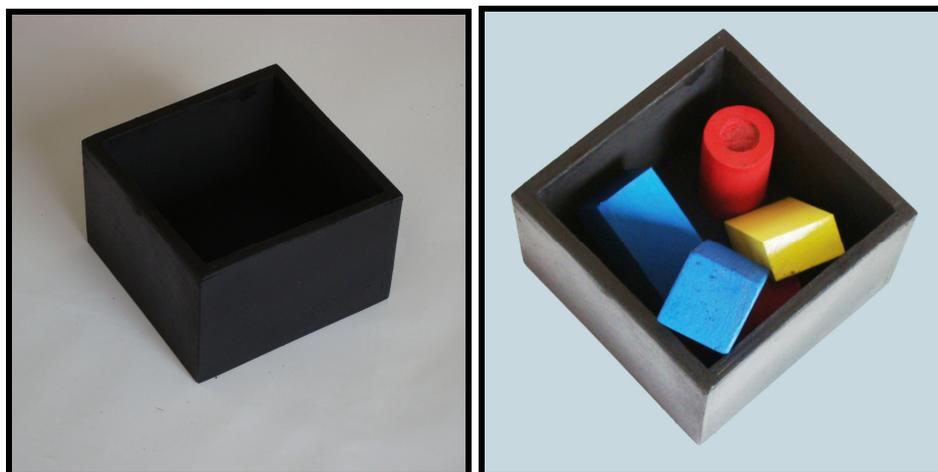


Figura 4. 14. Bloque de Desecho

4.3 CONSTRUCCIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA CELDA DE MANUFACTURA

A continuación se describe la forma en que han sido armadas y ubicadas las estaciones de trabajo dentro de la celda de manufactura, todos los componentes se colocaron sobre una base de madera y el cableado e instalaciones están ubicados bajo dicha base.

En la figura 4.15 se puede observar la base sobre la cual esta armada y construida toda la estructura de la celda de manufactura.

La base es muy importante, ya que es imprescindible que las estaciones permanezcan en un mismo lugar todo el tiempo, porque esto permite grabar posiciones en el controlador del robot y manteniendo las mismas posiciones el proceso funciona correctamente. Esta base consta de un espacio dedicado a la base del robot y otro para la ubicación de la banda transportadora.

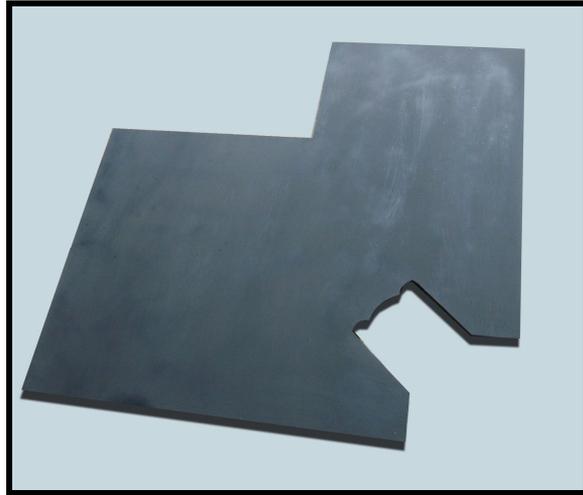


Figura 4.15. Base de la Estructura

4.3.1 Construcción de la Estación de Distribución de Materia Prima

Para almacenar la materia prima se cuenta con el distribuidor de piezas de madera en tres distintas formas geométricas (cilindro, cubo y prisma) descrito anteriormente, cada uno contiene un solo tipo de piezas, los surtidores pueden proporcionar hasta cuatro bloques de materia prima sin la necesidad de que sean llenados nuevamente, cuando se toma una pieza del surtidor una segunda unidad cae automáticamente y está lista para ser retirada. En la figura 4.16 se puede observar la estructura de la estación de distribución construida.



Figura 4.16. Estación de Distribución

Piezas

Las piezas que son distribuidas desde esta estación son de distinta forma geométrica, en la figura 4.17 se puede observar la materia prima que va a ser procesada, las mismas que en su parte interior contienen una barra metálica para poder simular el control de calidad.

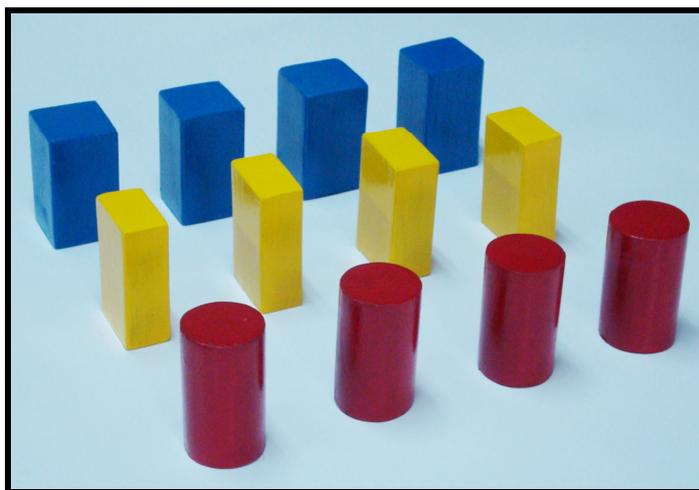


Figura 4. 17.Piezas Geométricas

4.3.2 Construcción de la Estación de Procesamiento

El proceso de manufactura de la celda se simula por medio de un disco de madera, un motor DC, un emisor de calor (foco) y sensores inductivos, el disco de madera tiene tres agujeros de distinta forma para colocar las piezas según su geometría, con estos elementos se pueden procesar varias piezas de manera simultánea.

Se logró simular un proceso de secado de la pintura de las piezas por medio de centrifugado y emisión de calor, esta estación fue armada de la siguiente manera:

El motor DC tiene un acople para poder ser empatado con la parte inferior del disco de madera por medio de una pieza metálica soldada al motor, este acople entra en un orificio que tiene la misma geometría de la pieza metálica y que esta ubicado en el centro del disco madera, con esto se logra que el disco gire

acelerando el secado de las piezas y se muevan alrededor del emisor de calor para completar el secado.

El emisor de calor (foco) será colocado junto al disco de madera y a la misma altura para que proporcione calor a las piezas cuando estas pasen junto a él.

En la figura 4.18 se puede observar la ubicación de la mesa y el foco que se utilizan para la simulación de secado de piezas.

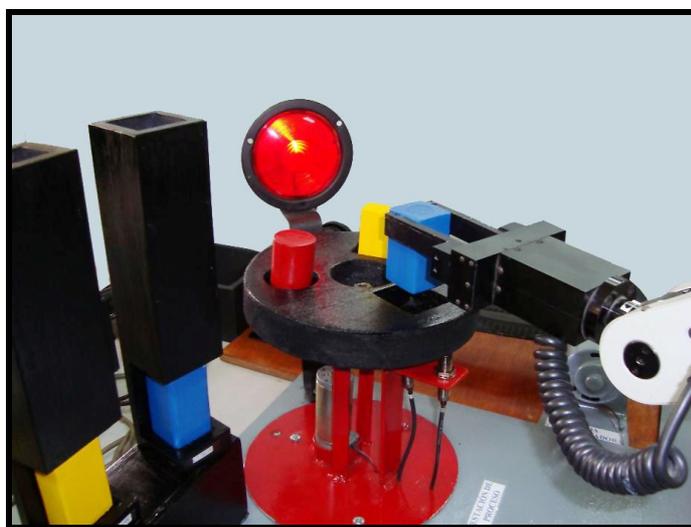


Figura 4. 18. Estación de Proceso

Para alcanzar la posición exacta donde se debe colocar la pieza según su geometría antes del proceso o retirarla luego de terminado el mismo, se colocaron bajo el disco de madera y de forma perpendicular dos sensores inductivos para que detecten metales ubicados previamente en la cara inferior del disco según la codificación designada a cada una de las tres posiciones que existen en la mesa, esto permite que el giro se detenga justo en la posición donde se tiene que colocar la pieza que se esta manipulando.

En la figura 4.19 se puede observar la ubicación de los sensores IF-2004-FRKG para el sensamiento de la posición.

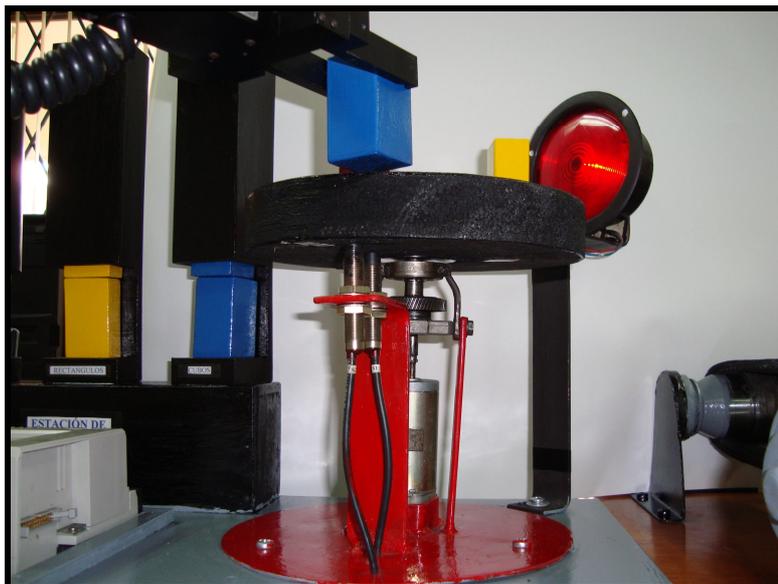


Figura 4. 19. Ubicación Sensores Inductivos

La estructura de la mesa, la codificación y su ubicación permiten realizar otro tipo de prácticas, por lo cual la mesa es utilizada también para realizar centrifugado en la mezcla de sustancias reactivas, en la figura 5.2 se puede observar a la mesa trabajando en la práctica de elaboración de colores secundarios.

4.3.3 Construcción de la Estación de Control de Calidad

Para simular el proceso de control de calidad se tiene a disposición un sensor de tipo inductivo, una alarma de tipo sonora y otra visual, esta estación puede trabajar con una sola pieza a la vez.

Como se pretende recrear la evaluación de una pieza, si pasa control de calidad automáticamente es colocada en la matriz de almacenamiento, caso contrario se activan las alarmas y se envía la pieza a desecho.

La estación fue armada de la siguiente manera:

El sensor inductivo se colocó perpendicular al plano de trabajo y las alarmas se las ubicó junto al sensor para formar un solo bloque (estación), de este modo las piezas pueden ser ubicadas por medio del brazo robótico sobre la estación para que pueda

realizar el respectivo censamiento. En la figura 4.21 se puede observar la implementación de la estación de control de calidad.

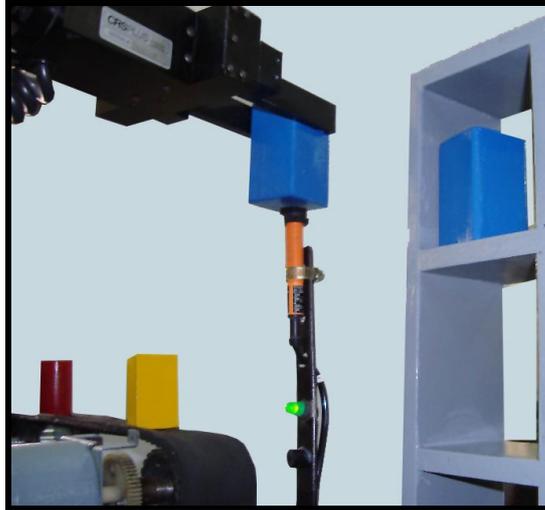


Figura 4. 20. Estación de Control de Calidad

4.3.4 Construcción de la Estación de Almacenamiento

Para esta estación se tiene un elemento, es una matriz de nueve espacios para colocar los productos terminados que han pasado por las estaciones anteriores, se tienen asignados tres lugares en la matriz para cada tipo de pieza según su geometría. Se ubicará a lado de la estación de control de calidad para recibir las piezas que pasen el proceso de control de calidad. En la figura 4.22 se puede observar la estación de almacenamiento con el acopio de piezas.



Figura 4. 21. Estación de Almacenamiento

Sobre la estructura de la matriz puede ser acoplado un dispositivo de distribución, desde el cual se sacan tres vasos precipitantes con distintas sustancias reactivas como se muestra en la figura 4.22.



Figura 4. 22. Acople de Distribuidor

Para realizar distintos tipos de prácticas la celda esta provista de otro tipo de materiales, como vasos de precipitación, y vasos comunes como los de la figura 4.23.



Figura 4. 23. Vasos

4.3.5 Construcción de la Estación de Transporte

Esta estación tiene un único elemento, la banda transportadora, que ha sido construida con elementos mecánicos y un motor eléctrico que le proporciona el movimiento a la banda. Ha sido ubicada de forma que el brazo robótico coloque las

piezas de mala calidad sobre esta y las transporte a la estación de desecho. En la figura 4.24 se puede observar la estación de transporte.



Figura 4. 24. Estación de transporte

4.3.6 Construcción de la Estación de Desecho

La estación de desecho consta únicamente de una estructura que recibe las piezas en mal estado, ha sido ubicada al otro extremo de la banda transportadora para que recoja las piezas conducidas por la banda. En la figura 4.25 se observa la ubicación de esta estación.

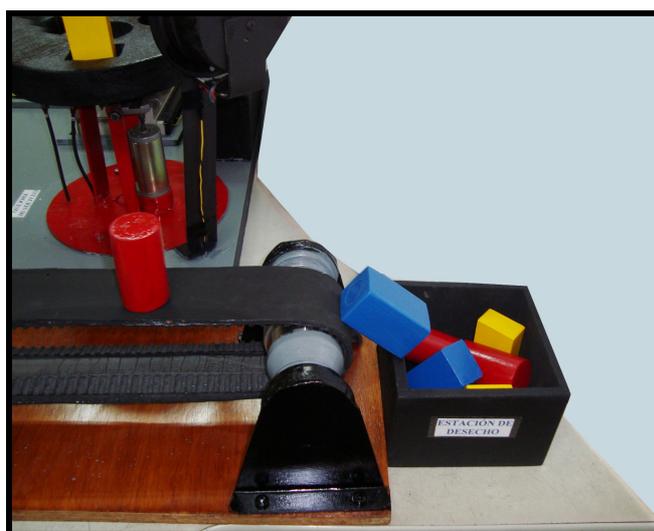


Figura 4. 25. Estación de desecho

4.4 UBICACIÓN DE ESTACIONES EN LA CELDA DE MANUFACTURA

Para la integración de las estaciones que conforman el proceso de manufactura en la celda se ha tomado en cuenta el trabajo a realizarse, con esto se define el orden en que se ubican las estaciones.

Como el elemento integrador de todos los componentes de la celda es el brazo robótico, este se ubica en el centro para que de esta manera pueda alcanzar todas las estaciones haciendo efectiva la comunicación total de la celda de manufactura.

Para la ubicación de las estaciones de la celda de manufactura se proponen varias configuraciones, pero lo óptimo sería colocar las estaciones alrededor del brazo robótico de acuerdo al orden de procesamiento que se sigue en la planta, pudiendo colocarlas de izquierda a derecha o viceversa. En la figura 4.26 se puede observar la ubicación de las estaciones alrededor del robot CRS A255.

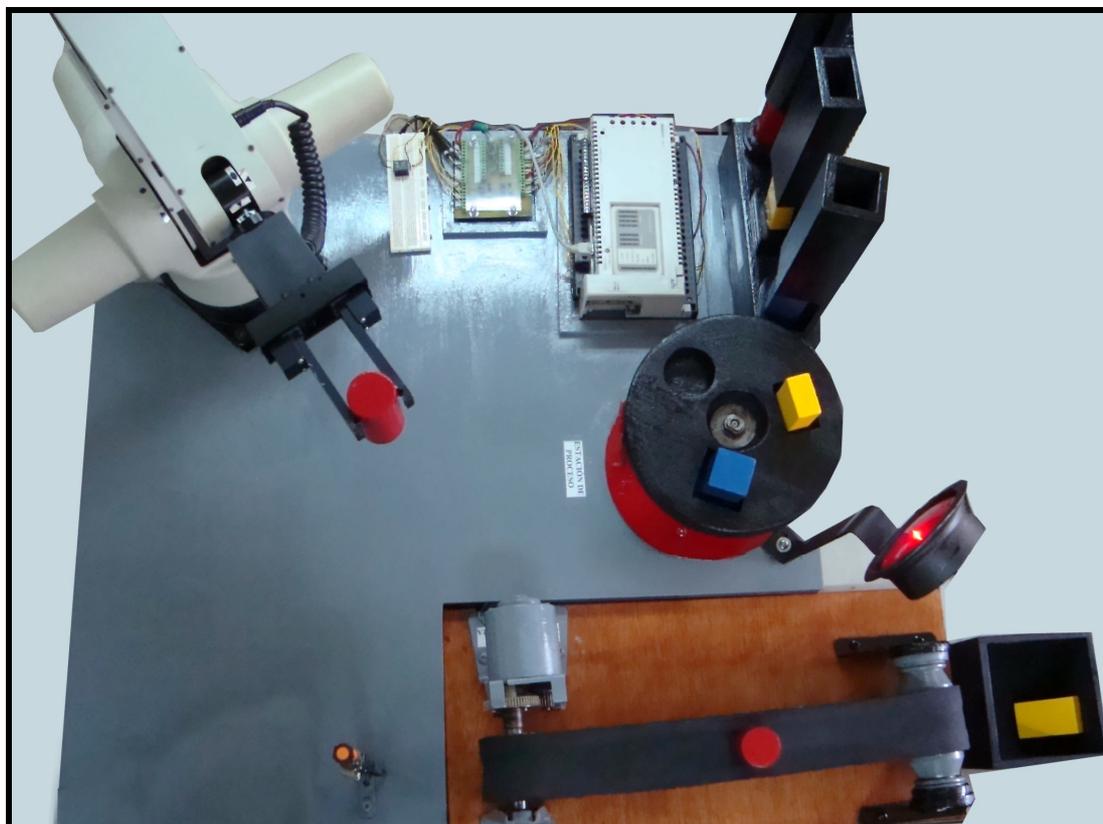


Figura 4. 26.Ubicación de las estaciones

Adicionalmente, hay elementos complementarios para la celda (fuentes de alimentación, teach pendant, controlador C500, etc.) cuya ubicación dentro de la misma no es necesaria y puede estar fuera de ella sin influir en su operación.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se propone configurar la celda de manufactura de la siguiente manera:

- El Brazo Robótico en la parte central
- Orden de las estaciones de izquierda a derecha
 - Estación de Distribución
 - Estación de Procesamiento
 - Estación de Control de Calidad
 - Estación de Almacenamiento
 - Estación de Transporte
 - Estación de Desecho
- El Módulo de I/O del Puerto GPIO está ubicado junto a la base del brazo robótico, ya que este espacio no es utilizado en el proceso de manufactura y se logra ubicar el módulo en un sitio estratégico para la conexión de los dispositivos eléctricos.
- El PLC se ubica junto al módulo de I/O del Puerto GPIO, para aprovechar el espacio de trabajo que no interviene en el proceso y facilita las conexiones entre el PLC y el módulo de I/O del Puerto GPIO.
- Los elementos complementarios de la celda de manufactura se colocan indistintamente alrededor esta, ya que su ubicación no incide en el funcionamiento de la celda.

4.5 INTEGRACIÓN DE LA CELDA DE MANUFACTURA

Para completar la construcción y unificación de la celda de manufactura se necesita realizar las respectivas instalaciones de los dispositivos electrónicos a sus fuentes de alimentación y la conexión de los circuitos que se encargan del tráfico de información entre dichos componentes electrónicos.

Como se dijo anteriormente para que el cableado no le reste estética a la celda de manufactura se lo ubica debajo de la base de madera sobre la cual están todas las estaciones de trabajo y se hicieron orificios en esta base para que el cableado llegue hacia los dispositivos electrónicos.

A continuación se describen las necesidades de conexiones eléctricas de cada estación de trabajo de la celda de manufactura, del PLC y del módulo de I/O del Puerto GPIO.

4.5.1 Instalaciones Para la Estación de Procesamiento

Para esta estación se necesita proveer de alimentación eléctrica al motor que le da movimiento a la mesa centrífuga y a los dos sensores inductivos que indican su posición.

A los sensores se les provee un voltaje de 24V DC por medio de una fuente, voltaje que se encuentra dentro del rango de alimentación permitido para su funcionamiento y al motor se lo acciona con 4V DC, este voltaje es provisto por la primera salida del módulo de I/O del puerto GPIO, la cual ha sido asignada para el giro de la mesa.

Los dos sensores inductivos también necesitan conectarse al módulo de I/O del puerto GPIO para enviar la información de la posición del disco giratorio, para cumplir con esta necesidad se han asignado las dos primeras entradas del módulo de I/O a estos dos sensores.

4.5.2 Instalaciones Para la Estación de Control de Calidad

En esta estación se necesita alimentación eléctrica para el sensor inductivo que realiza la simulación de control de calidad y para la sirena que indica que el producto censado es de mala calidad.

Al sensor se les provee un voltaje de 24V DC por medio de una fuente, voltaje que se encuentra dentro del rango de alimentación permitido para su funcionamiento y a la sirena se la acciona con 12V DC, este voltaje es provisto por la segunda salida del módulo de I/O del puerto GPIO, la cual ha sido asignada para el encendido de la sirena.

El sensor inductivo necesita conectarse al módulo de I/O del puerto GPIO para enviar la información del sensamiento de las piezas, para cumplir con esta necesidad se ha asignado la tercera entrada del módulo de I/O a este sensor.

4.5.3 Instalaciones Para la Estación de Transporte

Esta estación tiene un único elemento que necesita de alimentación eléctrica, el motor DC que se encarga del movimiento de la banda transportadora. A este motor se lo acciona con 12V DC, voltaje que le permite mover a la banda transportadora a una velocidad ideal para conducir las piezas hacia el terminal de desecho, este voltaje es provisto por la tercera salida del módulo de I/O del puerto GPIO, la cual ha sido asignada para el movimiento de la banda.

Las demás estaciones no necesitan de energía eléctrica para su funcionamiento ya que no cuentan con elementos electrónicos dentro de su composición.

4.5.4 Instalaciones Para el PLC

El PLC necesita de alimentación eléctrica para su funcionamiento y para las conexiones de sus entradas y salidas con el módulo de I/O de puerto GPIO para realizar el tráfico de señales de control de la celda de manufactura. A la CPU del

PLC se la alimenta con un voltaje de 24V DC. Las cuatro primeras entradas del PLC se conectan respectivamente a las cuatro salidas del módulo de I/O del puerto GPIO asignadas para conexión con el PLC y de manera análoga las cuatro primeras salidas del PLC se conectan respectivamente a las cuatro entradas del módulo de I/O del puerto GPIO asignadas para conexión con el PLC. En la figura 4.27 se muestra la conexión del PLC

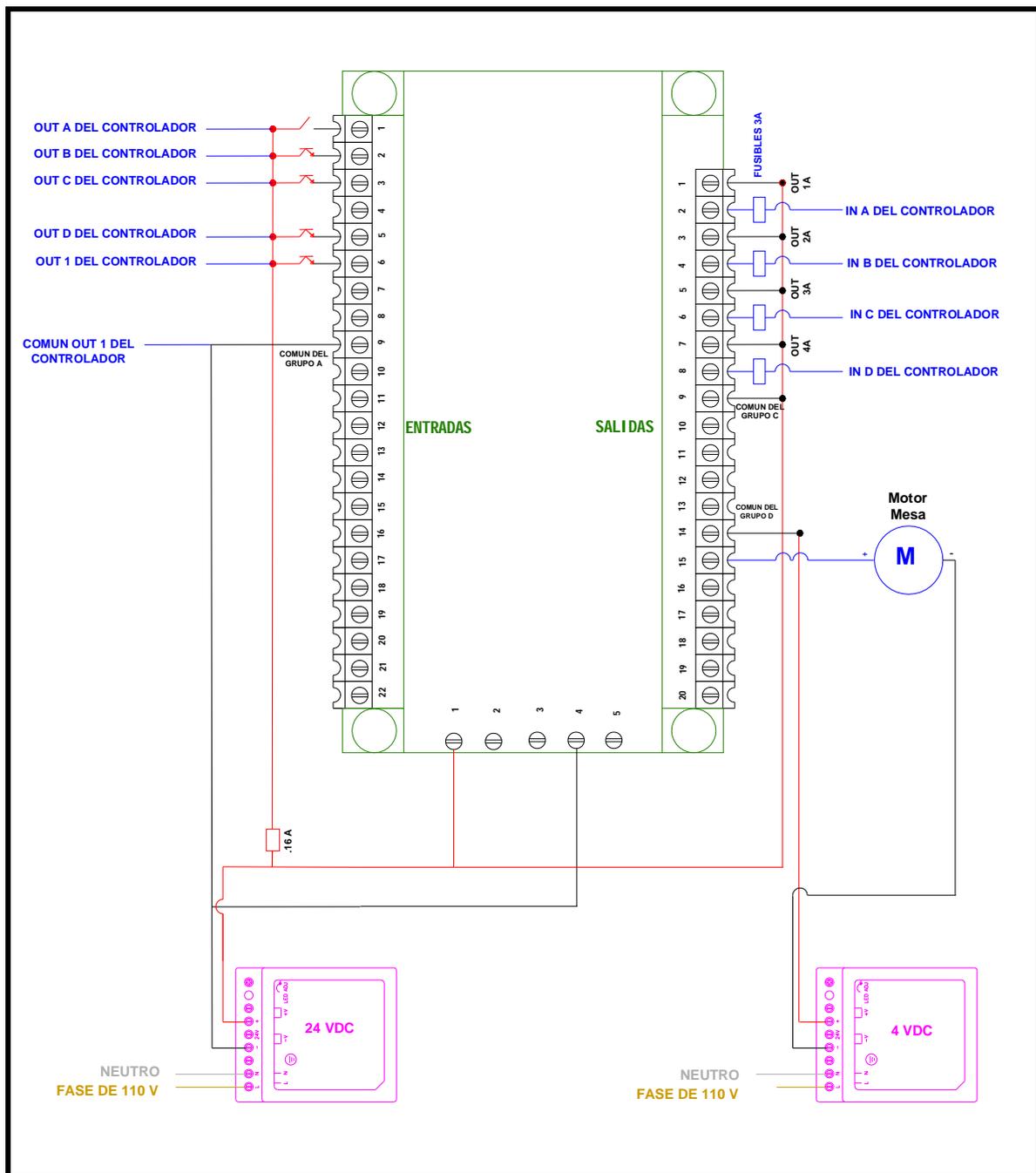


Figura 4. 27. Diagrama de Conexiones del PLC

4.5.5 Conexiones del Módulo de I/O del Puerto GPIO

A continuación en las tablas 4.3 y 4.4 se presentan dos tablas donde se describe como se han asignado las entradas y salidas del módulo a los elementos electrónicos de la celda de manufactura:

Tabla 4. 3 Asignación de las Entradas del Módulo de I/O del Puerto GPIO

ENTRADAS DEL módulo DE I/O DEL PUERTO GPIO	ASIGNACION
IN1 (SENSOR)	SENSOR 1 DE LA MESA CENTRÍFUGA
IN2 (SENSOR)	SENSOR 2 DE LA MESA CENTRÍFUGA
IN3 (SENSOR)	SENSOR PARA CONTROL DE CALIDAD
IN4 (SENSOR)	LIBRE
INA (PARA PLC)	OUT 1 DEL PLC
INB (PARA PLC)	OUT 2 DEL PLC
INC (PARA PLC)	OUT 3 DEL PLC
IND (PARA PLC)	OUT 4 DEL PLC

Tabla 4. 4 Asignación de las Salidas del Módulo de I/O del Puerto GPIO

SALIDAS DEL módulo DE I/O DEL PUERTO GPIO	ASIGNACION
OUT 1	ENTRADA 6 DEL PLC
OUT 2	MOTOR DE LA BANDA TRANSPORTADORA
OUT 3	SIRENA PARA CONTROL DE CALIDAD
OUT 4	LUZ SECADO
OUT 1 (PARA PLC)	IN 1 DEL PLC
OUT 2 (PARA PLC)	IN 2 DEL PLC
OUT 3 (PARA PLC)	IN 3 DEL PLC
OUT 4 (PARA PLC)	IN 4 DEL PLC

Otras conexiones que tiene el módulo son para la fuente de alimentación de las entradas y para la fuente de alimentación para las salidas a relé.

La fuente de alimentación para las entradas de sensores es de 24V, ya que con este voltaje se activan las entradas del puerto GPIO y la fuente de alimentación para las salidas a relé es de 12V, ya que con este voltaje son alimentados el motor de la banda transportadora, las alarmas y el emisor de calor.

En la figura 4.28 se puede observar la conexión del módulo de entradas y salidas del puerto GPIO.

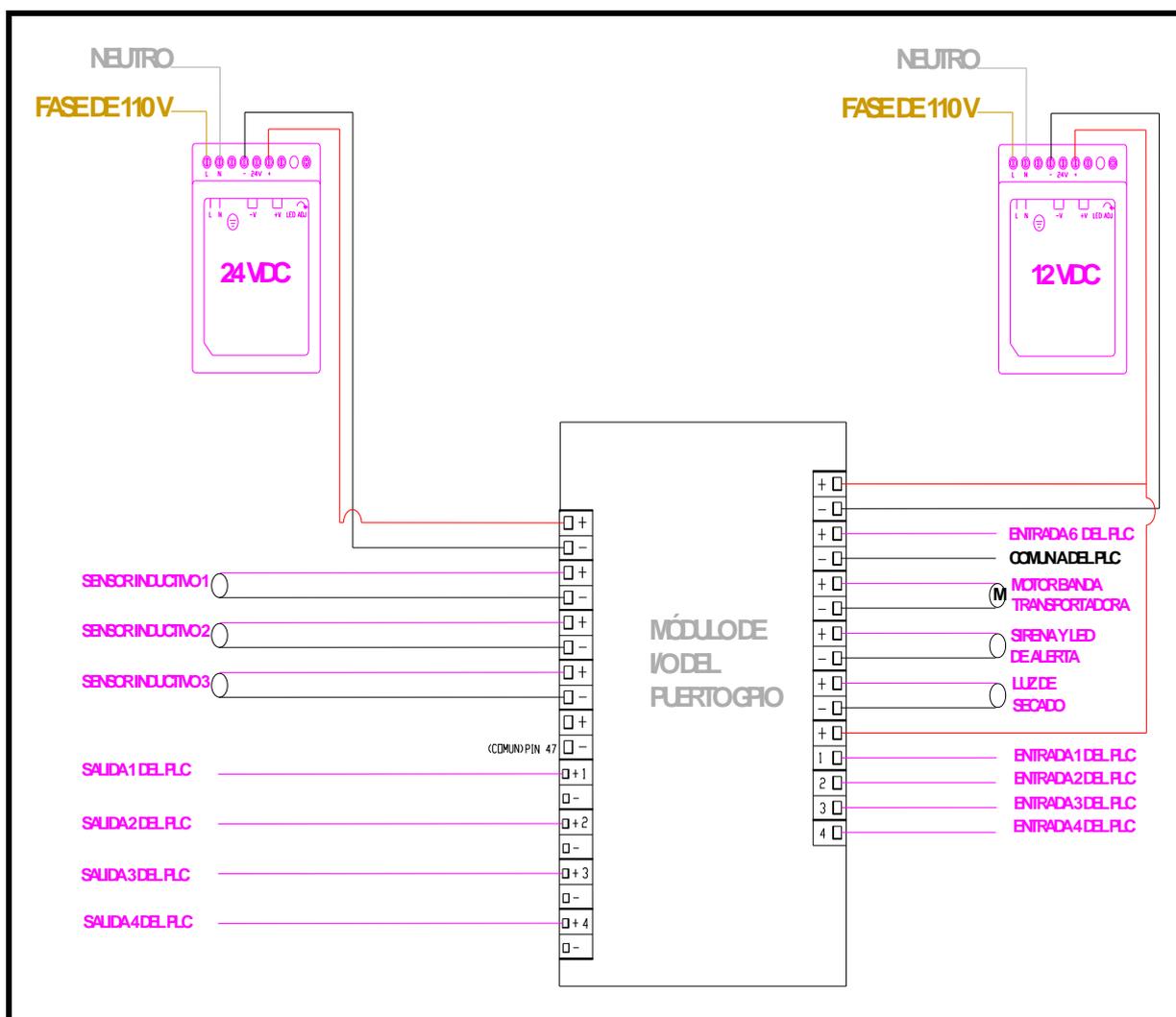


Figura 4. 28. Diagrama de Conexiones del Módulo del puerto GPIO

En la figura 4.29 se muestra el diagrama interno de conexiones del módulo de entradas y salidas del puerto GPIO.

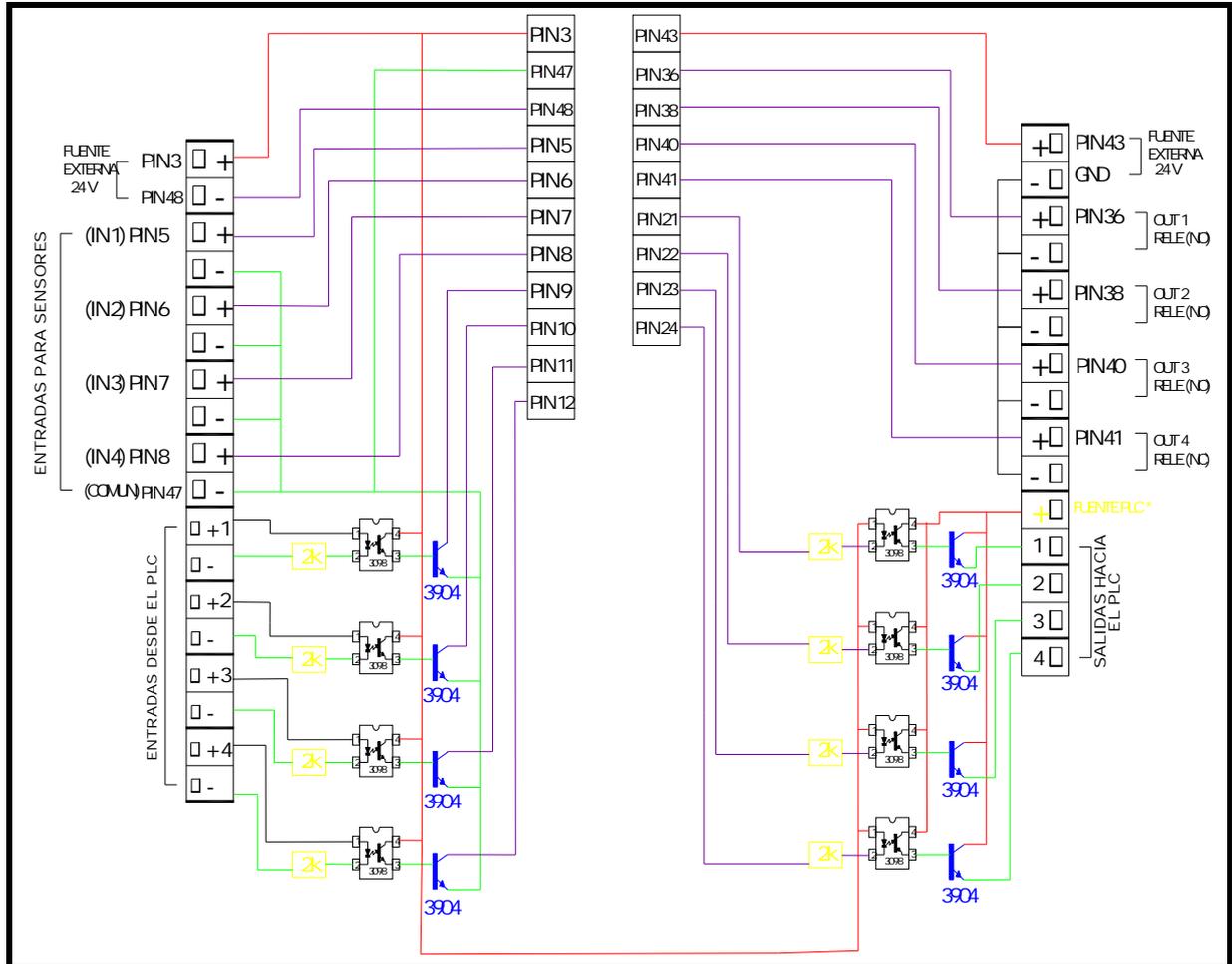


Figura 4. 29. Diagrama de Conexiones Interno del Módulo del puerto GPIO

CAPÍTULO V

DESARROLLO DE PRÁCTICAS

Implementada la celda de manufactura con todos sus componentes listos para el trabajo, se proponen y desarrollan dos prácticas modelo para la celda y se plantean un conjunto de prácticas que pueden ser desarrolladas por los estudiantes de robótica basándose en las prácticas uno y dos que a continuación se describen.

En la práctica uno el elemento de control que se encarga del trabajo en la celda es el Sistema Robótico CRS A255, este dispositivo cumple con una única rutina programada en su controlador para el funcionamiento del brazo, en esta secuencia de trabajo no se presentan variantes en el proceso por lo que no es necesaria la integración de un PLC

La práctica dos engloba un modelo de arquitectura de control, ya que en esta se integra el control del trabajo de la celda de manufactura con un PLC, este interactúa con la programación del brazo robótico que está basada en subrutinas para cumplir con el trabajo designado y se visualiza todo el proceso por medio de la Interfaz HMI desarrollada en In Touch.

Cabe resaltar que tanto en la práctica uno como en la práctica dos interactúa el módulo de entradas y salidas de propósito general del puerto GPIO, principal elemento de investigación en este proyecto.

A continuación se describen las prácticas desarrolladas con la celda de manufactura:

5.1 PRÁCTICA 1

MEZCLA DE SUSTANCIAS REACTIVAS

5.1.1 Objetivos

General

- Simular un proceso de mezcla de tres sustancias reactivas con la ayuda del brazo robótico cuyo resultado será la obtención de un nuevo producto.

Específicos

- Realizar la programación del brazo robótico de tal manera que pueda cumplir con las tareas designadas a lo largo del proceso de mezcla de sustancias.
- Interactuar con el Puerto GPIO manipulando la ubicación de los líquidos al momento de programar el movimiento de la mesa centrífuga.

5.1.2 Descripción de la Práctica

Se pretende llevar a cabo la simulación de un proceso de mezcla de sustancias de distinta composición, en este caso utilizando líquidos con los colores primarios para obtener debido a la reacción los colores secundarios, las sustancias básicas (colores primarios) se encuentran en la estación de distribución desde donde se transportan a la mesa centrífuga, esta se moverá a determinadas posiciones para dar lugar al experimento, obteniendo así los tres colores secundarios, luego continúa el centrifugado de los líquidos para obtener una mezcla completa y uniforme de las sustancias combinadas.

La figura 5.1 muestra la disposición de los elementos para llevar a cabo el proceso de mezcla de sustancias reactivas.



Figura 5. 1. Elementos para la Mezcla de Sustancias – Práctica 1

5.1.3 Descripción del Proceso a Controlar

Este proceso es llevado a cabo únicamente por el brazo robótico, el que desarrolla la práctica de la siguiente manera:

- Inicialmente el robot toma el recipiente con la sustancia amarilla y lo dirige hacia la mesa centrífuga, vierte parte de su contenido en los recipientes designados para obtener los colores verde y naranja.
- Para que el brazo vierta los líquidos en sus respectivas posiciones se tienen dos sensores bajo la mesa centrífuga, esta gira hasta que los sensores detectan la presencia de láminas metálicas que según la codificación asignada a cada una de las tres posiciones, la mesa se detiene en función de la sustancia que se quiera obtener.
- La codificación de la mesa centrífuga se muestra en la Tabla 5.1

Tabla 5. 1 Codificación de la Mesa Centrífuga

BIT1	BIT 2	SUSTANCIA
1	1	VIOLETA
0	1	NARANJA
1	0	VERDE

- Luego de que el robot vierte la sustancia de determinado color en los recipientes, regresa a la estación de distribución por las otras dos sustancias con los que repite el trabajo descrito en los ítems anteriores. La Figura 5.2 muestra como el robot realiza la mezcla de sustancias.



Figura 5. 2. Procedimiento de Mezcla de Sustancias

- Cuando ya se han combinado las sustancias básicas, se da lugar a la reacción química para obtener los tres colores secundarios, luego se inicia el proceso de centrifugado por veinte segundos, tiempo necesario para obtener una mezcla homogénea.

5.1.4 Desarrollo de la Práctica

Todo este trabajo se lo lleva acabo solamente con el brazo robótico sin la necesidad del PLC y la Interfaz de Visualización. Para realizar el proceso únicamente se ejecuta la rutina desarrollada para la mezcla de sustancias en el software ROBCOMM llamada COLOR.

El módulo de entradas y salidas de propósito general del Puerto GPIO es necesario para obtener las señales de los sensores ubicados bajo la mesa centrífuga y para proporcionar el voltaje necesario para el movimiento de dicha mesa.

La secuencia de trabajo para la mezcla de colores se lleva a cabo según el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 5.3

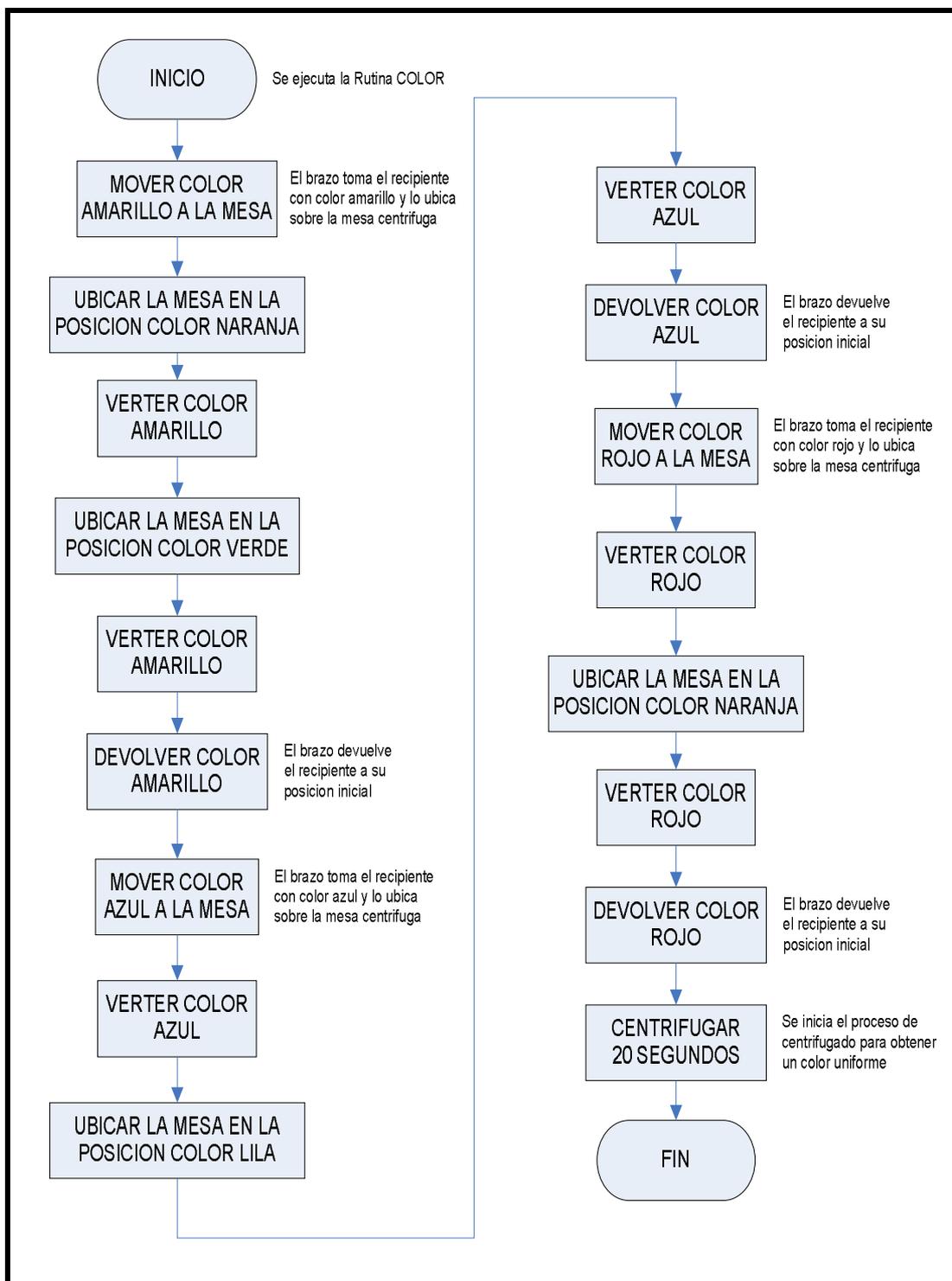


Figura 5. 3. Diagrama de Flujo para la Mezcla de Sustancias

Las conexiones del Controlador C500 (Puerto GPIO) necesarios para esta práctica se detallan a continuación en la Tabla 5.2.

Tabla 5. 2 Conexiones del Controlador C500

PUERTO GPIO	CONEXION
IN 1	SENSOR 1 MESA CENTRÍFUGA
IN 2	SENSOR 2 MESA CENTRÍFUGA
OUT 1	MOTOR MESA CENTRÍFUGA
FUENTE SALIDAS	4 V
FUENTE ENTRADAS	24 V

Las conexiones necesarias entre los dispositivos para llevar a cabo este proceso se detallan en la Figura 5.4.

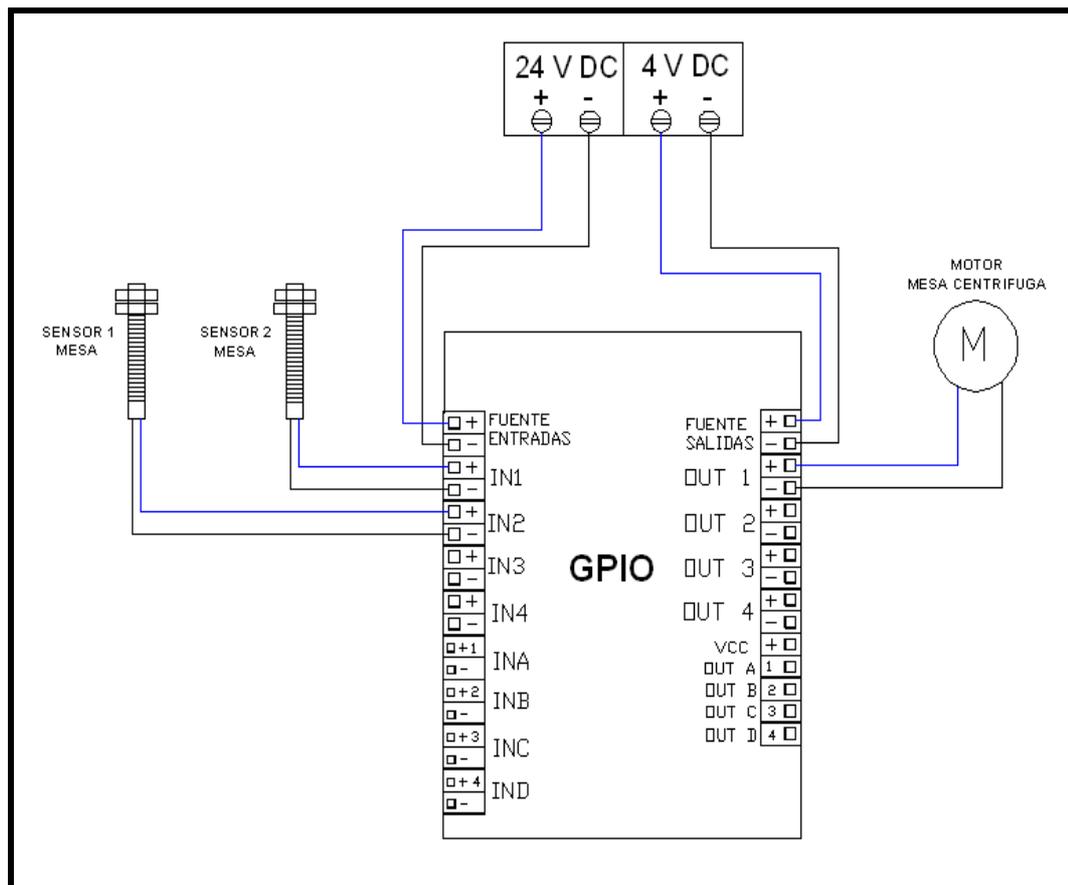


Figura 5. 4. Diagrama de Conexiones del Módulo de Entradas y Salidas del puerto GPIO con los Dispositivos que Intervienen en la Práctica

El resultado final se obtiene luego de mezclar las tres sustancias con colores básicos en los recipientes respectivos destinados para los colores secundarios y del proceso centrifugado, dicho producto final se observa en la Figura 5.5. Toda la práctica se ha capturado en video y se la adjunta al presente proyecto de tesis.



Figura 5. 5. Producto Final de la Mezcla de Sustancias

La programación de la subrutina COLOR desarrollada para esta práctica se encuentra documentada en la sección anexos del presente proyecto de tesis.

5.2 PRÁCTICA 2:

PROCESAMIENTO DE MATERIA PRIMA

5.2.1 Objetivos

General

- Simular el procesamiento de materia prima en la celda de manufactura creando una arquitectura de control al integrar un PLC y una interfaz de visualización al proceso.

Específicos

- Realizar la programación del brazo robótico de tal manera que pueda cumplir con las tareas designadas a lo largo de todo el proceso de manufactura dentro de la celda y pueda intercambiar datos con el PLC.
- Programar el PLC para que este responda eficientemente a las señales que intercambia con el controlador del robot y la interfaz de visualización, señales necesarias para supervisar y controlar el proceso.
- Realizar una aplicación en In Touch para visualizar el proceso que se lleve a cabo en la celda de manufactura y se pueda tener un registro del material procesado.

5.2.2 Descripción de la Práctica

Se pretende llevar a cabo la simulación de un proceso de secado de la pintura de piezas de madera de distinta forma geométrica, estas piezas se encuentran previamente pintadas, se las conduce al proceso de secado, luego pasan por un control de calidad, control que indicará si la pieza pasa a almacenamiento o se la conduce a desecho.

La figura 5.6 muestra la disposición de elementos para llevar a cabo dicho proceso, además del módulo de Entradas y Salidas del Puerto GPIO y el PLC que realiza el control del proceso.

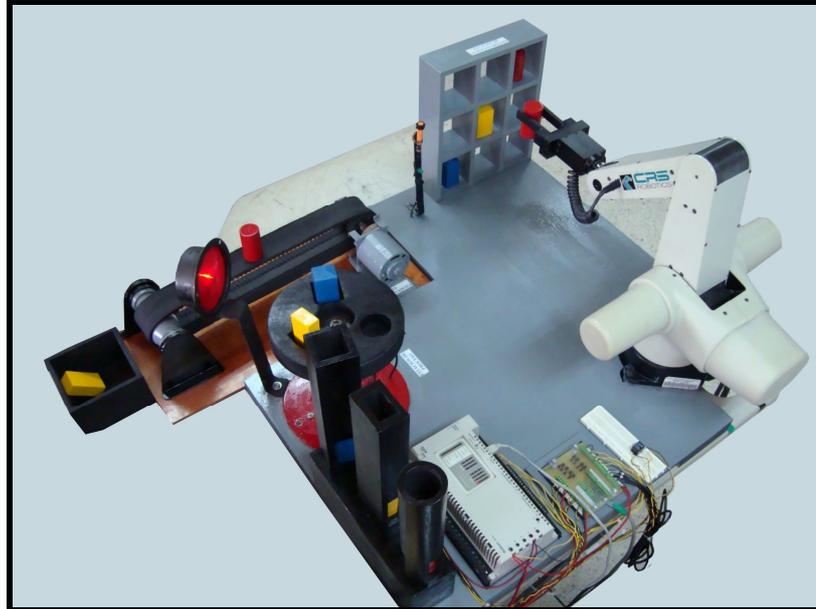


Figura 5. 6. Elementos para el Procesamiento de Materia Prima - Práctica 2

5.2.3 Descripción del Proceso a Controlar

El proceso en la celda de manufactura es llevado a cabo principalmente por el brazo robótico, este interactúa en todas las estaciones y su trabajo se desarrolla de la siguiente manera:

- Inicialmente el robot toma la materia prima de la estación de distribución y coloca las piezas (una de cada tipo) en la mesa centrífuga, la cual forma parte de la estación de procesamiento.
- Para que el brazo pueda colocar las piezas en su respectivo lugar se tienen dos sensores bajo la mesa centrífuga, esta gira hasta que los sensores detectan la presencia de láminas metálicas que según la codificación asignada a cada una de las tres posiciones detendrán la mesa en función de la pieza que se esté manipulando.
- La codificación de la mesa centrífuga se muestra en la Tabla 5.3

Tabla 5. 3 Codificación de la Mesa Centrífuga

BIT1	BIT 2	PIEZA
1	1	CILINDRO
0	1	CUBO
1	0	RECTÁNGULO

- El robot coloca la pieza en la centrífuga y regresa a la estación de distribución por las otras dos piezas con las que repetirá el trabajo descrito anteriormente.
- Cuando ya se han colocado las tres piezas en la mesa se inicia el proceso de secado, la mesa centrífuga y el emisor de calor trabajan por veinte segundos, tiempo destinado para el secado.
- Terminado el secado, la mesa gira para ubicar cada pieza y posteriormente se detiene, el robot toma la pieza y la conduce a control de calidad, las piezas se toman en el siguiente orden: cilindro, cubo y rectángulo.
- Posterior a esto, el robot acerca la pieza manipulada al sensor que detecta una barra metálica en la parte inferior de la pieza simulando una prueba de control de calidad, si supera esta prueba la pieza será transportada a almacenamiento, caso contrario se la conducirá a desecho.
- En la estación de almacenamiento se tienen tres posiciones para cada tipo de pieza, el robot coloca cada pieza procesada en su respectiva posición según su forma geométrica y de manera ordenada desde la primera posición hasta la tercera según la posición que aun no ha sido ocupada por una pieza anteriormente procesada.
- En la estación de desecho el robot coloca a las piezas de mala calidad al inicio de una banda transportadora, esta conducirá las piezas hasta desecho.
- Finalmente todo el proceso se lo supervisa por medio de una aplicación desarrollada en In Touch, desde aquí se ingresa el número de procesos a trabajarse (máximo cuatro seguidos) y se da la señal de START, en lo referente al monitoreo se visualizan las acciones que se están dando en la celda de manufactura y se lleva un inventario del material procesado.

5.2.4 Desarrollo de la Práctica

Como se van a integrar el brazo robótico con su controlador, el PLC y la Interfaz de visualización y existen varios subprocesos dentro de la celda de manufactura se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones en la programación de los mismos:

- El robot trabaja en distintos subprocesos dentro del proceso completo de la celda de manufactura ya que no siempre se sigue el mismo orden de trabajo.
- El PLC es el elemento de control central del proceso y se comunica con el Robot y la Interfaz de Visualización.
- El módulo de entradas y salidas de propósito general del Puerto GPIO es el encargado de comunicar al robot con el exterior y el PLC y es el encargado de la transmisión de datos entre el PLC y el robot.

Teniendo en cuenta estas consideraciones la programación del Robot y del PLC está estructurada de la siguiente manera:

- La programación del robot está basada en quince subrutinas que se encuentran contenidas dentro de un programa principal que se ejecuta en un orden lógico acorde a la secuencia del proceso y a las diversas circunstancias que se presentan conforme avanza el trabajo.
- El controlador del robot intercambia señales con el PLC, el controlador notifica al PLC que subrutina se esta ejecutando o el final de la misma y el PLC notifica al controlador que rutina ejecutar.
- En la programación del PLC se encuentra la señal de inicio del trabajo en la celda y aquí se registra todo el material procesado, todos estos datos son necesarios para la Interfaz de Visualización.

La secuencia de trabajo en la celda de manufactura se lleva a cabo según el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 5.7

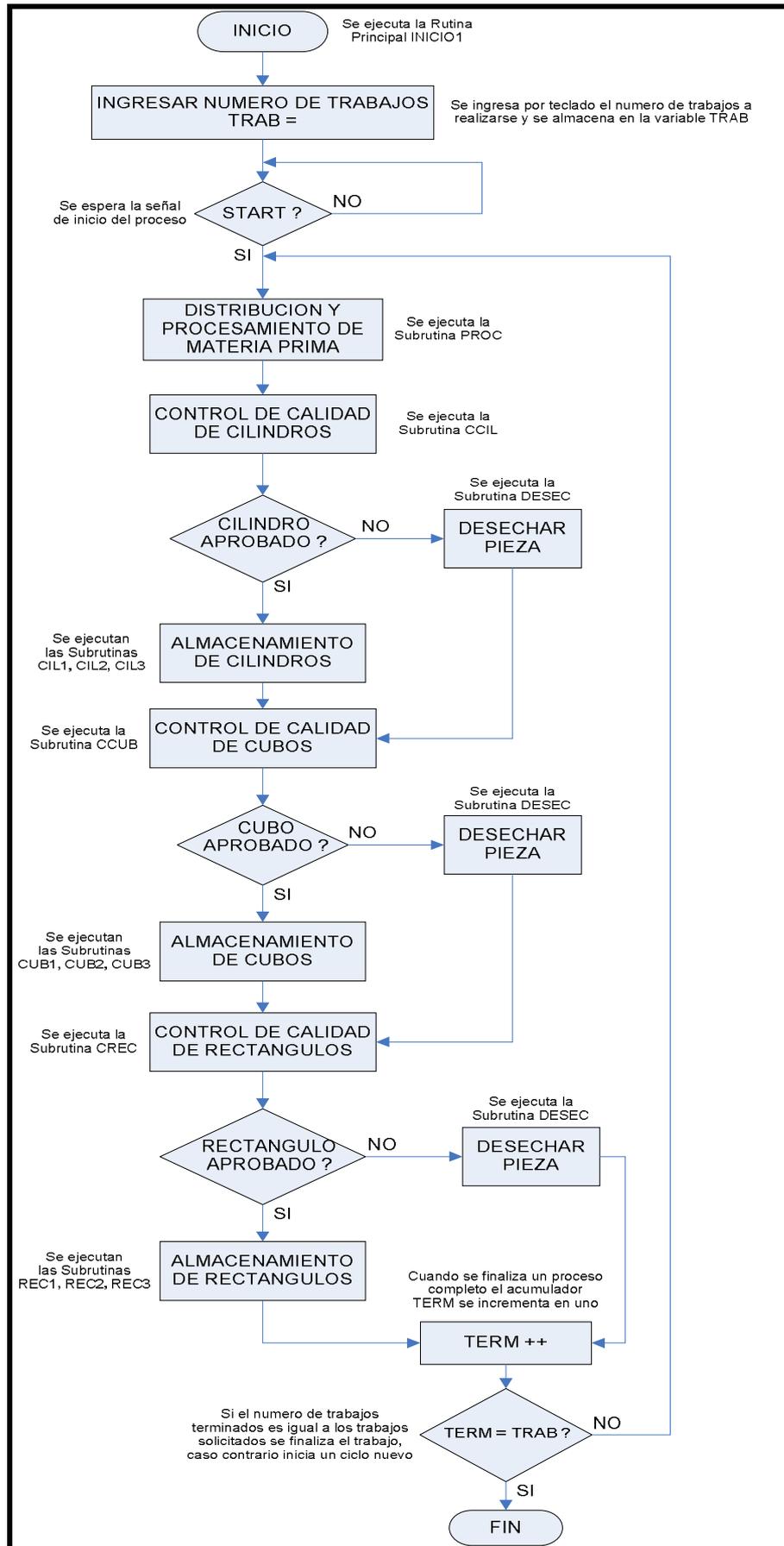


Figura 5. 7. Diagrama de Flujo para el Procesamiento de Materia Prima

La Figura 5.8 muestra los niveles de automatización obtenidos en la celda de manufactura para llevar a cabo el proceso, se ha alcanzado el tercer nivel.

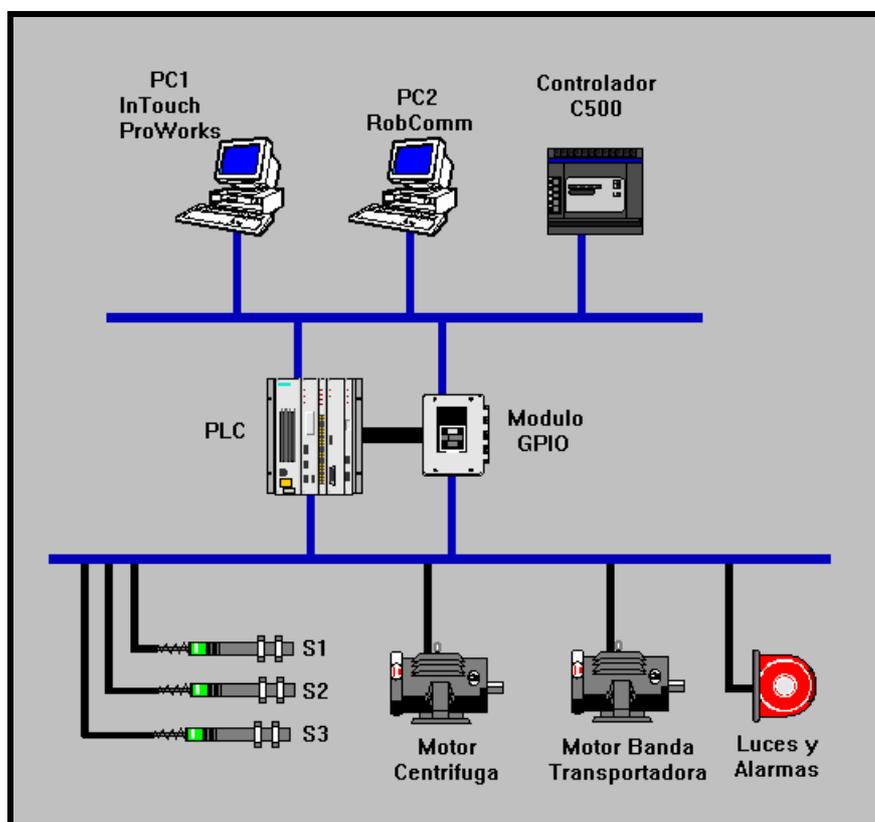


Figura 5. 8. Arquitectura de Control de la Celda de Manufactura

Las conexiones entre las entradas y salidas del PLC se detallan a continuación en la Tabla 5.4.

Tabla 5. 4 Conexiones del PLC

PLC	CONEXIÓN
IN 1	OUT A (GPIO)
IN 2	OUT B (GPIO)
IN 3	OUT C (GPIO)
IN5	OUT D (GPIO)
IN 6	OUT 1 + (GPIO)
COMÚN IN	24 V (-) y OUT 1 - (GPIO)
OUT 1	IN A (GPIO)
OUT 2	IN B (GPIO)
OUT 3	IN C (GPIO)
OUT 4	IN D (GPIO)
OUT 9	MESA CENTRÍFUGA (+)
COMÚN OUT C	24 V (+)
COMÚN OUT D	4 V (+)

Las conexiones del Controlador C500 (Puerto GPIO) con los diferentes dispositivos de la Celda de Manufactura se detallan a continuación en la Tabla 5.5.

Tabla 5. 5 Conexiones del Controlador C500

PUERTO GPIO	CONEXIÓN
IN 1	SENSOR 1 MESA CENTRÍFUGA
IN 2	SENSOR 2 MESA CENTRÍFUGA
IN 3	SENSOR DE CALIDAD
IN 4	LIBRE
IN A	OUT 1 (PLC)
IN B	OUT 2 (PLC)
IN C	OUT 3 (PLC)
IN D	OUT 4 (PLC)
OUT 1	IN 6 (PLC – MESA CENTRÍFUGA)
OUT 2	BANDA TRANSPORTADORA
OUT 3	SIRENA Y LUZ DE ALARMA
OUT 4	LUZ PARA SECADO
OUT A	IN 1 (PLC)
OUT B	IN 2 (PLC)
OUT C	IN 3 (PLC)
OUT D	IN 5 (PLC)
FUENTE SALIDAS	12 V
FUENTE ENTRADAS	24 V

Las Salidas A, B, C y D necesitan de una fuente de alimentación por lo que se conecta su VCC+ a la fuente que alimenta al PLC y el VCC- de la fuente del PLC se conecta al común de sus entradas. Como la mesa centrífuga funciona con 4V y las salidas del puerto GPIO funcionan con 12 V se utilizó una entrada del PLC (IN 6) que activa directamente a la salida 9 (OUT 9D) del mismo, el COM D esta conectado a una fuente de 4 V con lo que al activar la salida 9 se cierra el circuito y se soluciona el problema del suministro de voltaje a la mesa centrífuga. El diagrama de conexiones necesario para llevar a cabo esta práctica se encuentra documentado en la sección anexos del presente proyecto de tesis.

El intercambio de señales entre el PLC y el Controlador C500 necesario para controlar el proceso de manufactura se realizan en base a cuatro bits en sus distintas combinaciones posibles, cada combinación tiene asignada una determinada orden o aviso específico. En la Tabla 5.6 se describen las señales que envía el PLC al controlador del brazo robótico para la ejecución de las subrutinas según corresponda en el proceso de manufactura.

Tabla 5. 6 Codificación de Bits para la Transmisión de Datos del PLC al Controlador

OUT 4	OUT3	OUT2	OUT1	OPERACIÓN
0	0	0	1	INICIAR DISTRIBUCIÓN Y PORCESAMIENTO
0	0	1	0	PROCESO DE DESECHO FINALIZADO
0	1	0	0	INICIAR CONTROL DE CALIDAD DE CILINDROS
0	1	0	1	INICIAR CONTROL DE CALIDAD DE RECTÁNGULOS
0	1	1	0	ALMACENAR EN LA POSICIÓN 1 DE CILINDROS
0	1	1	1	ALMACENAR EN LA POSICIÓN 2 DE CILINDROS
1	0	0	0	INICIAR CONTROL DE CALIDAD DE CUBOS
1	0	0	1	ALMACENAR EN LA POSICIÓN 3 DE CILINDROS
1	0	1	0	ALMACENAR EN LA POSICIÓN 1 DE RECTÁNGULOS
1	0	1	1	ALMACENAR EN LA POSICIÓN 2 DE RECTÁNGULOS
1	1	0	0	ALMACENAR EN LA POSICIÓN 3 DE RECTÁNGULOS
1	1	0	1	ALMACENAR EN LA POSICIÓN 1 DE CUBOS
1	1	1	0	ALMACENAR EN LA POSICIÓN 2 DE CUBOS
1	1	1	1	ALMACENAR EN LA POSICIÓN 3 DE CUBOS

En la Tabla 5.7 se describen las señales que se envían desde el controlador del brazo robótico al PLC para que se pueda continuar con el proceso de manufactura.

Tabla 5. 7 Codificación de Bits para la Transmisión de Datos del Controlador al PLC

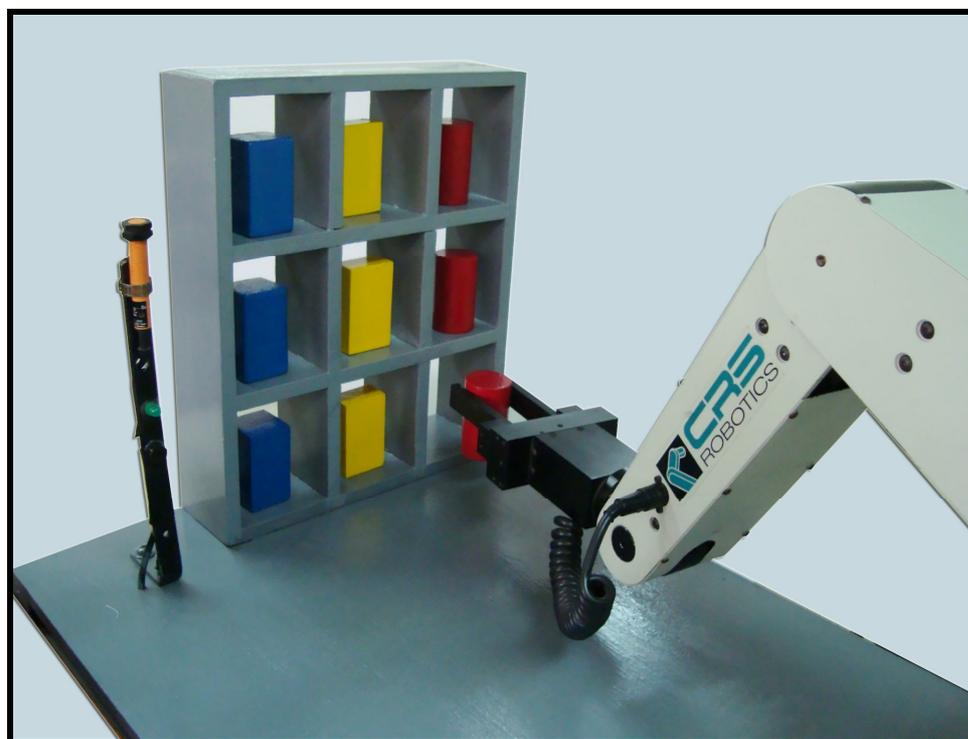
OUT D	OUT C	OUT B	OUT A	OPERACIÓN
0	0	1	0	FIN DISTRIBUCIÓN Y PROCESAMIENTO
0	0	1	1	FIN CONTROL DE CALIDAD DE CILINDROS
0	1	0	0	FIN CONTROL DE CALIDAD DE RECTÁNGULOS
0	1	0	1	FIN CONTROL DE CALIDAD DE CUBOS
0	1	1	0	FIN ALMACENAMIENTO DE PIEZAS
0	1	1	1	FIN PROCESAMIENTO DE CILINDROS
1	0	0	1	FIN PROCESAMIENTO DE RECTÁNGULOS
1	0	1	0	INICIA DESECHO DE PIEZAS DE MALA CALIDAD
1	0	1	1	INICIA DISTRIBUCIÓN Y PROCESAMIENTO
1	1	0	1	CONTROL DE CALIDAD ACEPTADO (CONTEO)
1	1	1	0	FIN PROCESAMIENTO DE CUBOS
1	1	1	1	FIN DESECHO DE PIEZAS DE MALA CALIDAD

A continuación en la Tabla 5.8 se describen cada una de las rutinas desarrolladas para programar el brazo robótico con el objetivo de que cumpla con las diversas acciones que debe realizar a lo largo de todo el proceso de manufactura.

Tabla 5. 8 Descripción de las Subrutinas Utilizadas para el Proceso de Manufactura

SUBROUTINA	DESCRIPCIÓN
INICIO1	Programa principal que contiene a las demás subrutinas
PROC	Subrutina para la distribución y procesamiento de la materia prima
DESEC	Subrutina para el desecho de material de mala calidad
CCIL	Subrutina de control de calidad de cilindros
CREC	Subrutina de control de calidad de rectángulos
CCUB	Subrutina de control de calidad de cubos
CIL1	Subrutina que ubica un cilindro en la posición 1 de la matriz
CIL2	Subrutina que ubica un cilindro en la posición 2 de la matriz
CIL3	Subrutina que ubica un cilindro en la posición 3 de la matriz
REC1	Subrutina que ubica un rectángulo en la posición 1 de la matriz
REC2	Subrutina que ubica un rectángulo en la posición 2 de la matriz
REC3	Subrutina que ubica un rectángulo en la posición 3 de la matriz
CUB1	Subrutina que ubica un cubo en la posición 1 de la matriz
CUB2	Subrutina que ubica un cubo en la posición 2 de la matriz
CUB3	Subrutina que ubica un cubo en la posición 3 de la matriz

El resultado final se obtiene al procesar todas las doce piezas de materia prima de las que se obtienen nueve piezas en la estación de almacenamiento como se observa en la Figura 5.9

**Figura 5. 9.** Estación de Almacenamiento al Finalizar el Proceso

Las piezas desechadas se conducen al depósito de desecho como se indica en la Figura 5.10. Todo el proceso se ha capturado en video y se lo adjunta al presente proyecto de tesis.

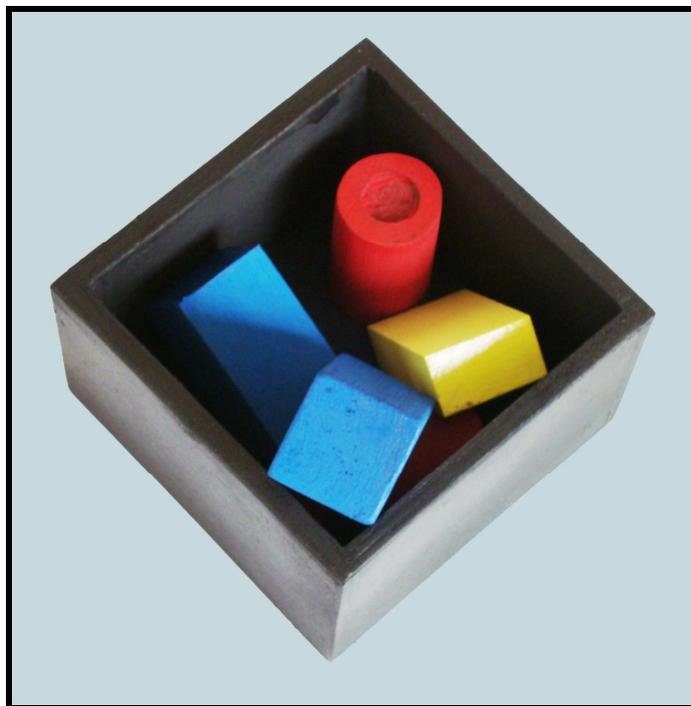


Figura 5. 10. Estación de Desecho al Finalizar el Proceso

La programación de las subrutinas desarrolladas en el Software ROBCOMM para el funcionamiento del Brazo Robótico, la programación del PLC en PROWORX y la Interfaz de Visualización desarrollada en In Touch se encuentran documentadas en la sección anexos de este proyecto de tesis.

5.3 PLANTEAMIENTO DE PRÁCTICAS

A continuación se proponen una serie de prácticas para que sean desarrolladas por los usuarios de la celda de manufactura, para que pueda llevarse a cabo este objetivo se proporciona la información necesaria para su correcto desarrollo, estas prácticas a plantearse son el resultado de dividir la Práctica 2 del punto anterior en prácticas más pequeñas con el objetivo de que luego sean integradas en una sola práctica como la del punto anterior.

5.3.1 PRÁCTICA 3

Distribución, Procesamiento y Almacenamiento de Materia Prima

Objetivos

- Simular la distribución y procesamiento de materia prima en la celda de manufactura utilizando el Sistema Robótico CRS A255.
- Realizar la programación del brazo robótico para que manipule la materia prima a lo largo del proceso.
- Utilizar el Módulo de Entradas y Salidas del Puerto GPIO como medio de transmisión y recepción de señales necesarias para el control del proceso a llevarse a cabo.
- Integrar un PLC de manera complementaria al trabajo para poder controlar y visualizar el proceso desde un computador por medio de una aplicación en In Touch.

Descripción de la Práctica

Se pretende simular la distribución y procesamiento de materia prima en la celda de manufactura, se tienen piezas de madera de distinta forma geométrica que se encuentran previamente pintadas y que son conducidas a una mesa centrífuga para su secado, luego del cual son conducidas a la estación de almacenamiento.

Descripción del Proceso a Controlar

El proceso en la celda de manufactura se desarrolla de la siguiente manera:

- El robot toma la materia prima de la estación de distribución y coloca las piezas en la mesa centrífuga.

- Para que el brazo pueda colocar las piezas en su respectivo lugar se tienen dos sensores bajo la mesa centrífuga, estos se comunican con el controlador del robot por medio del puerto GPIO y se controla de esta manera el movimiento de la mesa, la codificación de la mesa centrífuga se muestra en la Tabla 5.3
- Luego de colocar las tres piezas en la mesa se inicia el procesamiento, la mesa centrífuga trabaja por veinte segundos que es el tiempo destinado para el secado.
- Terminado este proceso, las piezas son conducidas a la estación de almacenamiento sin tener en cuenta su calidad final.
- Finalmente se puede integrar un PLC al proceso para controlarlo y visualizarlo desde un computador y para organizar las posiciones de las piezas en la estación de almacenamiento, todo esto es opcional ya que se puede realizar toda la rutina de trabajo únicamente con el Brazo Robótico y el Puerto GPIO del Controlador C500.

Consideraciones para el desarrollo de la práctica

La Tabla 5.9 muestra las conexiones del Controlador C500 (Puerto GPIO) necesarias para controlar el proceso en la Práctica 3.

Tabla 5. 9 Conexiones del Controlador C500 para la Práctica 3

PUERTO GPIO	CONEXIÓN
IN 1	SENSOR 1 MESA CENTRÍFUGA
IN 2	SENSOR 2 MESA CENTRÍFUGA
OUT 1	MESA CENTRÍFUGA
FUENTE SALIDAS	4 V
FUENTE ENTRADAS	24 V

La Tabla 5.10 detalla las subrutinas que pueden servir de guía para el desarrollo de la Práctica 3 utilizadas en la Práctica 2

Tabla 5. 10 Subrutinas Guía para el Desarrollo de la Práctica 3.

SUBROUTINA	DESCRIPCION
PROC	Subrutina para la distribución y procesamiento de la materia prima
CIL1	Subrutina que ubica un cilindro en la posición 1 de la matriz
CIL2	Subrutina que ubica un cilindro en la posición 2 de la matriz
CIL3	Subrutina que ubica un cilindro en la posición 3 de la matriz
REC1	Subrutina que ubica un rectángulo en la posición 1 de la matriz
REC2	Subrutina que ubica un rectángulo en la posición 2 de la matriz
REC3	Subrutina que ubica un rectángulo en la posición 3 de la matriz
CUB1	Subrutina que ubica un cubo en la posición 1 de la matriz
CUB2	Subrutina que ubica un cubo en la posición 2 de la matriz
CUB3	Subrutina que ubica un cubo en la posición 3 de la matriz

Pasos para el desarrollo de la práctica

- Realizar las conexiones de los dispositivos de hardware necesarios para la práctica.
- Asignar las posiciones necesarias al robot para que en base a estas se pueda programar una rutina de trabajo para el Sistema Robótico CRS A255.
- Realizar el diagrama de flujo del proceso a llevarse a cabo en la celda de manufactura.
- Programar el brazo robótico para que realice el proceso de distribución, procesamiento y almacenamiento de materia prima.
- Realizar las respectivas pruebas al programa y poner a punto el funcionamiento del proceso.
- Realizar un informe de la práctica realizada adjuntando una memoria técnica del proceso que se cumple en la celda de manufactura y la programación del brazo robótico.

5.3.2 PRÁCTICA 4

Control de Calidad del Producto Procesado

Objetivos

- Simular un proceso de control de calidad en la celda de manufactura con las piezas terminadas que se encuentra ubicadas en la matriz de almacenamiento utilizando el Sistema Robótico CRS A255.
- Realizar la programación del brazo robótico para que manipule las piezas durante la simulación de la prueba de control de calidad.
- Utilizar el Módulo de Entradas y Salidas del Puerto GPIO como medio de transmisión y recepción de señales necesarias para realizar la simulación de control de calidad.
- Integrar un PLC de forma complementaria al trabajo para controlar y visualizar el proceso desde una Interfaz HMI en In Touch.

Descripción de la Práctica

Se pretende simular un proceso de control de calidad de piezas que previamente fueron procesadas, estas se encuentran en la matriz de almacenamiento de donde se las dirige a su control de calidad, luego de la prueba se devuelven las piezas buenas a almacenamiento y las malas se las conduce a desecho.

Descripción del Proceso a Controlar

El proceso en la celda de manufactura se desarrolla de la siguiente manera:

- o El robot toma cada una de las nueve piezas de la matriz de almacenamiento y las conduce a la estación de control de calidad.

- Para que se pueda realizar dicha prueba de calidad, la estación cuenta con un sensor inductivo que simula la evaluación de la pieza al detectar una barra metálica en la parte inferior de la pieza.
- Las piezas que tienen barra metálica aprobarán la evaluación y se las vuelve a ubicar en su posición original en la matriz de almacenamiento.
- Las piezas que no poseen barra metálica no pasan la prueba, se tiene una alarma visual y sonora para indicar este particular, luego de este aviso se coloca la pieza en la banda transportadora que la conduce al terminal de desecho.
- La prueba de control de calidad puede llevarse a cabo gracias a la interacción del Puerto GPIO que transmite la señal del sensor inductivo al controlador C500 del robot.
- De manera complementaria se puede integrar un PLC al proceso para controlarlo y visualizarlo desde un computador, todo esto es opcional ya que se puede realizar toda la rutina de trabajo únicamente con el Brazo Robótico y el Puerto GPIO del Controlador C500.

Consideraciones para el desarrollo de la práctica

La Tabla 5.11 muestra las conexiones del Controlador C500 (Puerto GPIO) necesarias para controlar el proceso en la Práctica 4.

Tabla 5. 11 Conexiones del Controlador C500 para la Práctica 4

PUERTO GPIO	CONEXION
IN 3	SENSOR DE CONTROL DE CALIDAD
OUT 2	BANDA TRANSPORTADORA
OUT 3	SIRENA Y LUZ DE ALARMA
FUENTE SALIDAS	12 V
FUENTE ENTRADAS	24 V

La Tabla 5.12 detalla las subrutinas que pueden servir de guía para el desarrollo de la Práctica 4 utilizadas en la Práctica 2

Tabla 5. 12 Subrutinas Guía para el Desarrollo de la Práctica 4.

SUBROUTINA	DESCRIPCIÓN
DESEC	Subrutina para el desecho de material de mala calidad
CCIL	Subrutina de control de calidad de cilindros
CREC	Subrutina de control de calidad de rectángulos
CCUB	Subrutina de control de calidad de cubos
CIL1	Subrutina que ubica un cilindro en la posición 1 de la matriz
CIL2	Subrutina que ubica un cilindro en la posición 2 de la matriz
CIL3	Subrutina que ubica un cilindro en la posición 3 de la matriz
REC1	Subrutina que ubica un rectángulo en la posición 1 de la matriz
REC2	Subrutina que ubica un rectángulo en la posición 2 de la matriz
REC3	Subrutina que ubica un rectángulo en la posición 3 de la matriz
CUB1	Subrutina que ubica un cubo en la posición 1 de la matriz
CUB2	Subrutina que ubica un cubo en la posición 2 de la matriz
CUB3	Subrutina que ubica un cubo en la posición 3 de la matriz

Pasos para el desarrollo de la práctica

- Realizar las conexiones de los dispositivos de hardware necesarios para la práctica.
- Asignar las posiciones necesarias al robot para que en base a estas se pueda programar una rutina de trabajo para el Sistema Robótico CRS A255.
- Programar el brazo robótico para que realice el proceso de control de calidad del producto terminado.
- Realizar las respectivas pruebas al programa y poner a punto el funcionamiento del proceso.
- Realizar un informe de la práctica realizada adjuntando la respectiva memoria técnica del proceso que se cumple en la celda y la programación de la rutina que cumple el brazo robótico.

5.3.3 PRÁCTICA 5

Abastecimiento de Materia Prima a la Estación de Distribución

Objetivos

- Simular un proceso de abastecimiento de materia prima a la Estación de Distribución con las piezas que se encuentran ubicadas en la matriz de almacenamiento utilizando el Sistema Robótico CRS A255.
- Realizar la programación del brazo robótico para que manipule las piezas durante el llenado de los depósitos de distribución de forma eficaz.
- Integrar un PLC de manera complementaria al trabajo para poder controlar y visualizar el proceso desde un computador por medio de una aplicación en In Touch.

Descripción de la Práctica

Se pretende simular un proceso de llenado de los depósitos de la estación de distribución que previamente fueron procesadas, estas se encuentran en la matriz de almacenamiento, lugar de donde se las vuelve a transportar a su ubicación inicial en los depósitos de distribución.

Descripción del Proceso a Controlar

El proceso en la celda de manufactura se desarrolla de la siguiente manera:

- o El robot toma cada una de las nueve piezas de la matriz de almacenamiento.
- o Cada pieza es colocada según su forma geométrica en su respectivo depósito de la Estación de Distribución.

- Para que se pueda realizar el transporte de las piezas de manera óptima, se necesita que la primera pieza a ser almacenada en cada uno de los tres depósitos se la coloque en su parte inferior.
- De esta manera se evita que al colocar la primera pieza en los depósitos debido a su caída por gravedad a la parte inferior de dicho depósito, la pieza no se ubique en el lugar correcto.
- Puede integrarse a esta práctica el uso del puerto GPIO al integrar de igual manera un PLC para que se pueda visualizar el proceso desde un computador, pero como este es un proceso sencillo se lo puede realizar únicamente con el brazo robótico.

Consideraciones para el desarrollo de la práctica

No se debe tener en cuenta alguna consideración en especial para llevar a cabo esta práctica más que basarse en las subrutinas que se describen en la Tabla 5.13 que pueden servir de guía.

Tabla 5. 13 Subrutinas Guía para el Desarrollo de la Práctica 5.

SUBROUTINA	DESCRIPCION
PROC	Subrutina para la distribución y procesamiento de la materia prima
CIL1	Subrutina que ubica un cilindro en la posición 1 de la matriz
CIL2	Subrutina que ubica un cilindro en la posición 2 de la matriz
CIL3	Subrutina que ubica un cilindro en la posición 3 de la matriz
REC1	Subrutina que ubica un rectángulo en la posición 1 de la matriz
REC2	Subrutina que ubica un rectángulo en la posición 2 de la matriz
REC3	Subrutina que ubica un rectángulo en la posición 3 de la matriz
CUB1	Subrutina que ubica un cubo en la posición 1 de la matriz
CUB2	Subrutina que ubica un cubo en la posición 2 de la matriz
CUB3	Subrutina que ubica un cubo en la posición 3 de la matriz

Pasos para el desarrollo de la práctica

- Asignar las posiciones necesarias al robot para que en base a estas se pueda programar una rutina de trabajo para el Sistema Robótico CRS A255.
- Programar el brazo robótico para que realice el proceso de Abastecimiento de Materia Prima a la Estación de Distribución.
- Realizar las respectivas pruebas al programa y poner a punto el funcionamiento del proceso.
- Realizar un informe de la práctica realizada adjuntando la respectiva memoria técnica del proceso que se cumple en la celda y la programación de la rutina que cumple el brazo robótico.

CONCLUSIONES

- Se realizó el Diseño e Implementación de la Celda de Manufactura para el Sistema Robótico CRS A255 del Laboratorio de Robótica de la ESPE con eficacia, pues cumple con los requerimientos básicos de sistemas de manufactura que son: Flexibilidad, Reconfigurabilidad y Tolerancia a Fallas.
- Se implementó un Módulo de Entradas y Salidas para el Puerto GPIO con las suficientes entradas y salidas necesarias para controlar los procesos de simulación desarrollados para la celda, además el módulo cuenta con conexiones a fuentes de alimentación tanto para sensores como para actuadores que intervienen en los procesos de la celda y con conexiones para realizar el flujo de datos entre el PLC y el Controlador C500 del robot
- Se logró integrar y realizar el intercambio de señales entre el Controlador C500 y el PLC en base a la transmisión y recepción de combinaciones de bits (cuatro en total), con estas se envían desde el PLC al Controlador las órdenes para que se inicien las subrutinas de trabajo y desde el Controlador al PLC se indica la finalización de estos subprocesos para continuar con la secuencia de trabajo en la celda, además estas señales sirven para controlar y monitorear el proceso desde la interfaz de In Touch, ya que desde aquí se envía la orden de inicio del proceso y de visualiza su avance.
- Se logró implementar un proceso en la celda que alcanza tres niveles de automatización, siendo el primer nivel alcanzado el de Entradas y Salidas donde se encuentran los sensores y actuadores (motores y alarmas), el segundo nivel es el de Campo y Procesamiento donde se encuentra el PLC y el Módulo de E/S GPIO y finalmente el tercer nivel de Control donde se tienen las PCs que manejan los softwares de programación y el Controlador C500 que maneja al brazo robótico.

-
- Se han desarrollado dos simulaciones de procesos de manufactura industriales con las herramientas que cuenta la celda de manufactura, para hacer posible estas aplicaciones se han tenido en cuenta todas las prestaciones posibles que brinda el brazo robótico y parámetros básicos como el área de trabajo, ya que se debe asegurar que el robot alcance todas las posiciones que abarca el proceso en la celda y se logren enlazar todas las estaciones de la celda.

 - Se plantearon prácticas de laboratorio para la celda de manufactura orientadas a proporcionar al usuario el debido entrenamiento en el campo de la automatización de procesos de manufactura, la integración de equipos electrónicos y el uso de softwares de programación, control y monitoreo; con esta herramienta de simulación, el estudiante adquiere una idea del trabajo que se realiza en las plantas industriales reales y recibe una formación profesional más práctica.

 - Para la Práctica 2, en la que el proceso no sigue un único orden sino que se presentan variantes en el trabajo, se desarrolló la programación del robot en base a subrutinas, las que se ejecutan en función de las señales de control que envía el PLC al Controlador C500 por medio del Puerto GPIO.

RECOMENDACIONES

- Como el presente proyecto es la antesala para la implementación de celdas de manufactura para el laboratorio de Robótica se recomienda que se construyan Módulos GPIO con mayores prestaciones, es decir mayor número de entradas y salidas para poder controlar procesos más grandes si fuera el caso y con fuentes de alimentación independientes para cada dispositivo ya que cada uno de estos puede tener un voltaje de alimentación diferente.
- Se puede mejorar la productividad en el trabajo de la celda al reducir el tiempo de operación, para realizar esta mejora se recomienda estudiar las trayectorias que sigue el brazo robótico ya que pueden ocurrir colisiones al desplazarse el brazo con las estaciones de la celda al optar por trayectorias más cortas o al designar nuevas posiciones para el desplazamiento
- Otra opción para bajar el tiempo de trabajo en la celda es incrementando la velocidad con la que el brazo robótico se desplaza y manipula objetos, para que este punto sea posible de alcanzar se deben estudiar las partes del proceso donde la manipulación del material no es crítica y en el desarrollo de la programación se recomienda asegurar que el robot ejecute la siguiente instrucción al haber finalizado totalmente la instrucción anterior.
- Es importante la capacitación a los usuarios de la celda de manufactura para que no existan problemas al momento de su funcionamiento, para ello el presente proyecto proporciona la debida documentación del desarrollo de las practicas y guías de trabajo para las prácticas planteadas, con esto se asegura que el estudiante tenga las herramientas necesarias para poder trabajar con la celda.

- Para el desarrollo de las prácticas en la celda de manufactura, se recomienda empezar con la práctica de mezcla de sustancias reactivas, ya que en esta no es necesaria la integración del PLC al proceso, por que se sigue un único orden secuencial, caso distinto que ocurre en la práctica Procesamiento de Materia Prima en la que el PLC controla la subrutina a ejecutarse según la circunstancia y el avance del trabajo, con la primera práctica se obtiene la debida experiencia para poder integrar el PLC y realizar la comunicación con el Controlador C500.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- RAMOS, Germán Andrés, “Integración y Comunicación de Celdas Flexibles de Manufactura Experimental con una Red de Área Local”, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2003.
- MARTINEZ. Enrique, RUDOMIN, Isaac, “Simulación en Red de Celdas de Manufactura Compartida”, ITESM, Estado de México, 2004.
- ARDILA, Jorge, DIAZ, Jorge, PARDO, Aldo, “Diseño e Implementación de una Celda de Manufactura con en Acople de un PLC y el Manipulador RV-M1”, Universidad de Pamplona, España, 2007.
- CAD/CAM, Robotics, and Computer Vision
Consulting Editor
Herbert Freeman, Rutgers University
Fu, Gonzáles, and Lee: *Robotics: Control, Sensing, Vision*
Groover, Weiss, Nagel, and Odrey: *Industrial Robotics: Technology and Applications*.
- Robótica y Sistemas sensoriales
TORRES-ROMARES-PUENTE-ARACIL.
- Introduction to Robotics in CIM Systems
REHG, James A.
Tercera Edición

- Robotics Technology
James W. Masterson, Robert L. Towers, Stephen W Fardo.
- CRS Robotics Corporation
**A255 SERIES, SMALL INDUSTRIAL ROBOT
SYSTEM, ROBOT ARM INSTALLATION AND
OPERATION MANUAL;**
Canadá 1993.

INTERNET

- http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/industrial.htm, Consulta de Teoría de Robótica Industrial.
- <http://www.roboticspot.com/spot/artic.shtml?newspage=r>obotsindustriales, Consulta de Clasificación de Robots Industriales.

ANEXOS

ANEXO 1

Manual de Usuario, Software y Hardware de Control para la Práctica 2

PROCESAMIENTO DE MATERIA PRIMA

CONTENIDO

DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

SEGURIDAD

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

DIAGRAMA GENERAL

DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

OPERACIÓN DEL SOFTWARE

SOFTWARE PARA EL PLC

SOFTWARE PARA EL CONTROLADOR DEL ROBOT

RESPALDO TÉCNICO

NUESTRA GARANTÍA

DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

Los diseñadores del producto declaran que el mismo ha sido creado de su completa autoría no existe la participación de personas ajenas, el uso de recursos ha sido evaluado como suficiente y necesario, las aplicaciones de InTouch no estarán disponibles de manera legal si no se adquiere la licencia correspondiente a Wonderware Inc.

Los autores no se hacen responsables bajo ninguna circunstancia de daños provocados por la mala utilización del sistema y los responsables serán sancionados con las acciones legales de cada país, este producto puede contener normas internacionales protegidas con copyright de las cuales se prohíbe su reproducción total o parcial

Lea estas sencillas instrucciones. No seguir las normas puede ser peligroso o ilegal. Lea la guía del usuario completa para más información



ENCIENDA EL PRODUCTO SIN RIESGOS

No encienda el dispositivo donde este prohibido o si se puede causar interferencias o comportar algún peligro



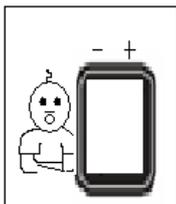
UTILICELO RAZONABLEMENTE

Utilice el producto en la posición normal, tal como se explica en la documentación del producto



SERVICIO TÉCNICO CUALIFICADO

El producto solo debe instalarlo o repararlo el personal del servicio técnico calificado



NIÑOS

Mantener fuera del alcance de los niños, no permita que los niños jueguen con el sistema a sus accesorios, podrían herirse o dañar accidentalmente el sistema.

Descripción del Sistema

El presente sistema de monitoreo y control de secado de piezas, es un sistema en la cual un proceso completo, desde la distribución de la materia prima hasta el producto final, luego de que las piezas han sido procesadas, calificadas y almacenadas

El sistema trabaja bajo las siguientes condiciones:

- ☉ Tiene un control del motor de la mesa tipo ON-OFF

- ☉ Un panel de control para el operador, el cual contiene:
 - Pulsador para activar el funcionamiento del proceso. (Automático), se debe considerar que un proceso significa procesar 3 distintos tipos de piezas, y que el máximo de piezas a ser procesadas son 12

MODO DE FUNCIONAMIENTO

El sistema trabaja bajo el siguiente escenario:

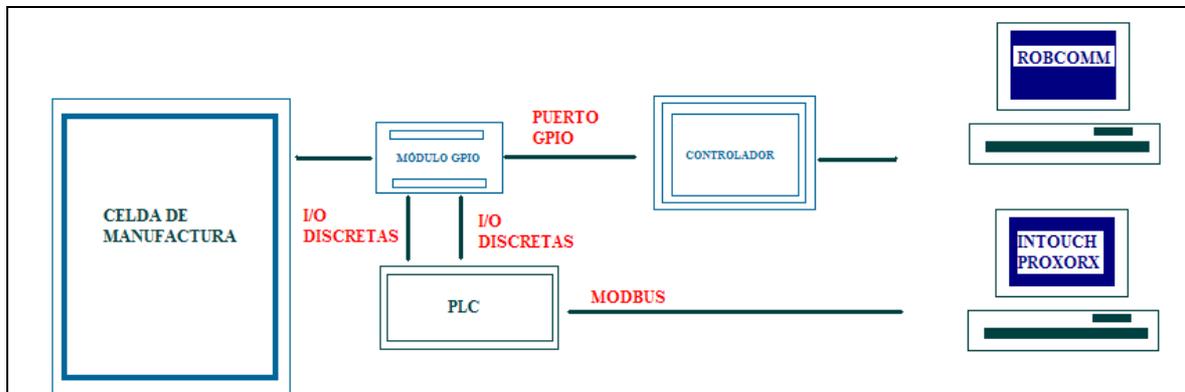
- Pulsador que realiza el inicio del procesamiento
- Cuadro para ingresar el numero de procesos que usted desea realizar
- Alarmas indicadoras

La interfaz presenta:

- Pantallas, que indican la variación del funcionamiento actual de cada estación en tiempo real.

- Indicadores visuales de las piezas procesadas y su estado actual en cada estación
- Indicadores numéricos del número de procesos a realizarse y del número de procesos realizados
- Indicadores visuales del número de piezas desechadas y del número de piezas que pasaron control de calidad
- Alarmas visuales en el control de calidad
- Indicadores visuales que muestran que estación es la que está trabajando
- Botones para vaciar pallets llenos y para realizar el vaciado total de la matriz

Diagrama General



Características generales

- Software de control y monitoreo realizado en **InTouch 9.5** de la firma Wonderware.
- Controlador lógico programable (PLC) **Modicon Micro 612/0**, realiza la función de recepción y envío de codificación para el módulo GPIO
 - Interfase con el PC: Serial RS232.
 - Medio de transmisión con el controlador: Par trenzado.
- Módulo de entradas y salidas para el puerto GPIO del controlador.
 - Sensor Inductivo
 - Motor de 24 VDC
 - Motor de 12 VDC
 - Estaciones Armadas

Descripción del Software

PANTALLA PRINCIPAL.



Si usted presiono el botón 1, usted podrá visualizar la siguiente pantalla de información

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELECTRICA Y ELECTRÓNICA

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

Director:
Ing. Hugo Ortiz

Coodirector:
Ing. Pablo Sevilla

Grupo de Desarrollo:
Natali Almeida Arteaga
José Luis Naranjo Moreno



Sangolqui, Mayo del 2009

Regresar

Si usted presiono el botón 2 de la pantalla principal, visualizará la siguiente pantalla:

PANTALLA CONTROL DEL PROCESO.



NÚMERO	DESCRIPCIÓN
1	Pulsador de inicio de trabajo
2	Indicador de numero de procesos que usted desea realizar
3	Indicador de número de procesos realizados
4	Indicador de la estación en la que se encuentra la pieza que esta procesándose
5	Link para la visualización de la estación de distribución y procesamiento
6	Link para la visualización de la estación de control de calidad
7	Link para la visualización de la estación de desecho
8	Link para la visualización de la estación de almacenamiento
9	Link para regresar a la pantalla principal

Operación del Software

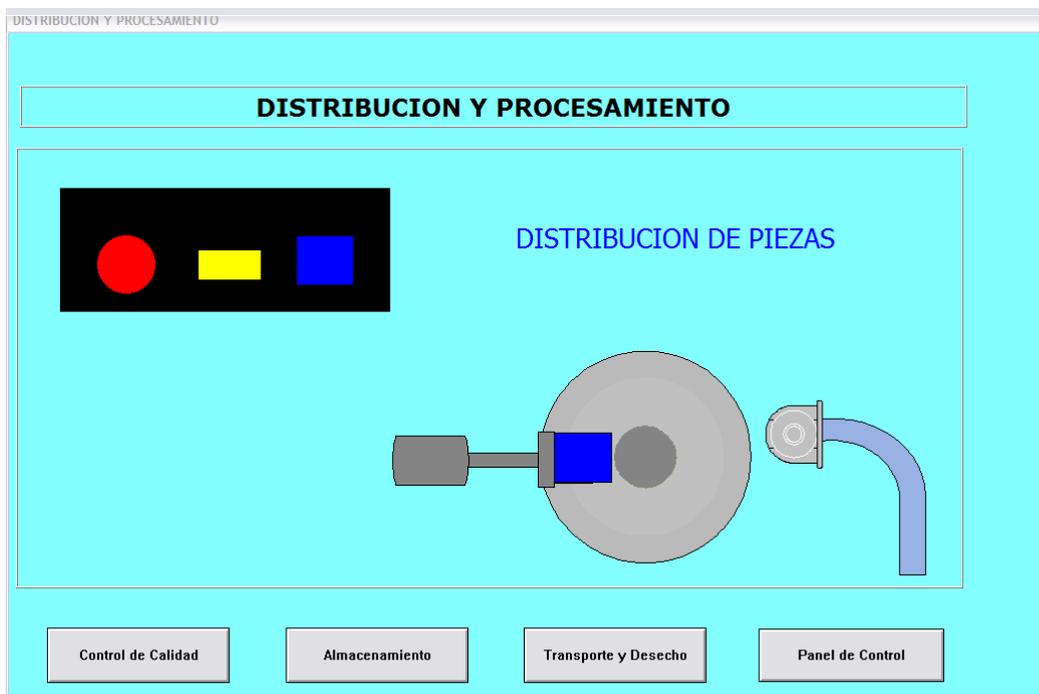
MODO DE FUNCIONAMIENTO

Para iniciar el funcionamiento del proceso usted debe escribir el número de procesos que desea realizar (el mismo esta validado de 1 hasta 4), y dar un clic sobre el pulsador de start, de esta manera podrá iniciarse el procesamiento de piezas. En la figura usted puede observar la ubicación del pulsador y del indicador de número de trabajos a realizarse.



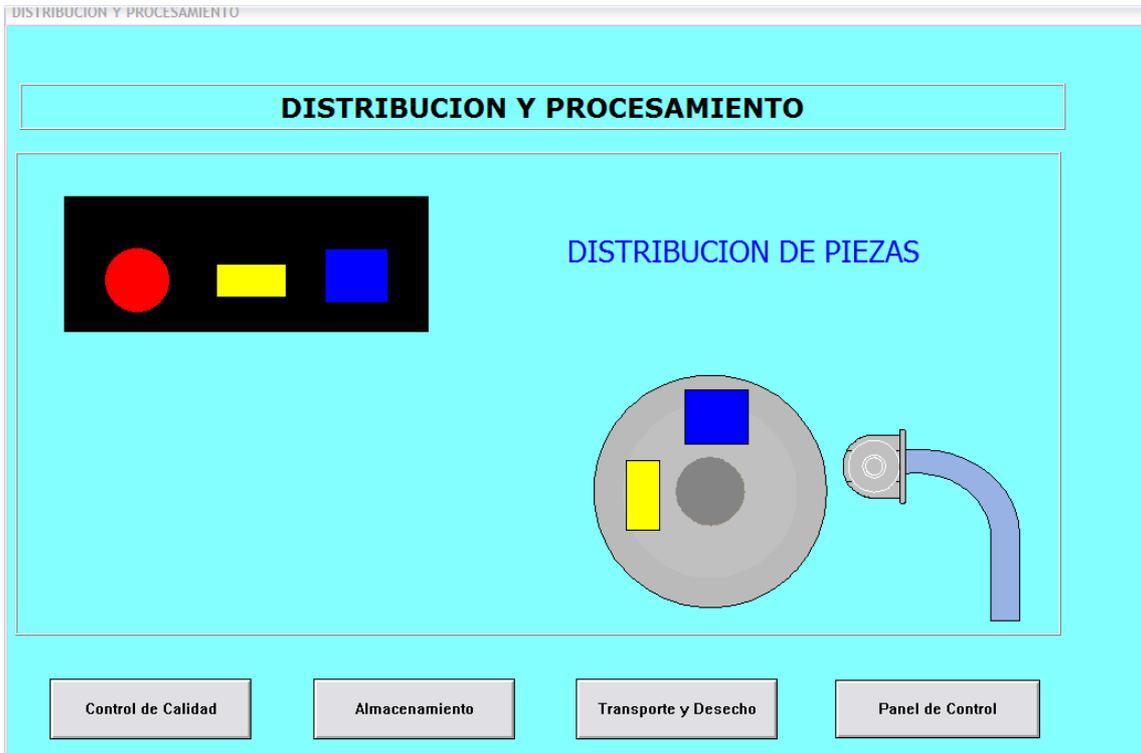
Como se puede observar en la pantalla usted puede visualizar la estación en la que se encuentra la pieza que esta procesándose, y puede dar clic en los links dedicados para la visualización del estado de cada estación. En el ejemplo se ilustra el inicio del trabajo, pues la pantalla de indicadores del proceso muestra que la estación de distribución y procesamiento de piezas esta activada.

Si usted da un clic sobre el botón “Distribución y Procesamiento”, se presentará la visualización e tiempo real del estado de la estación de la siguiente manera:

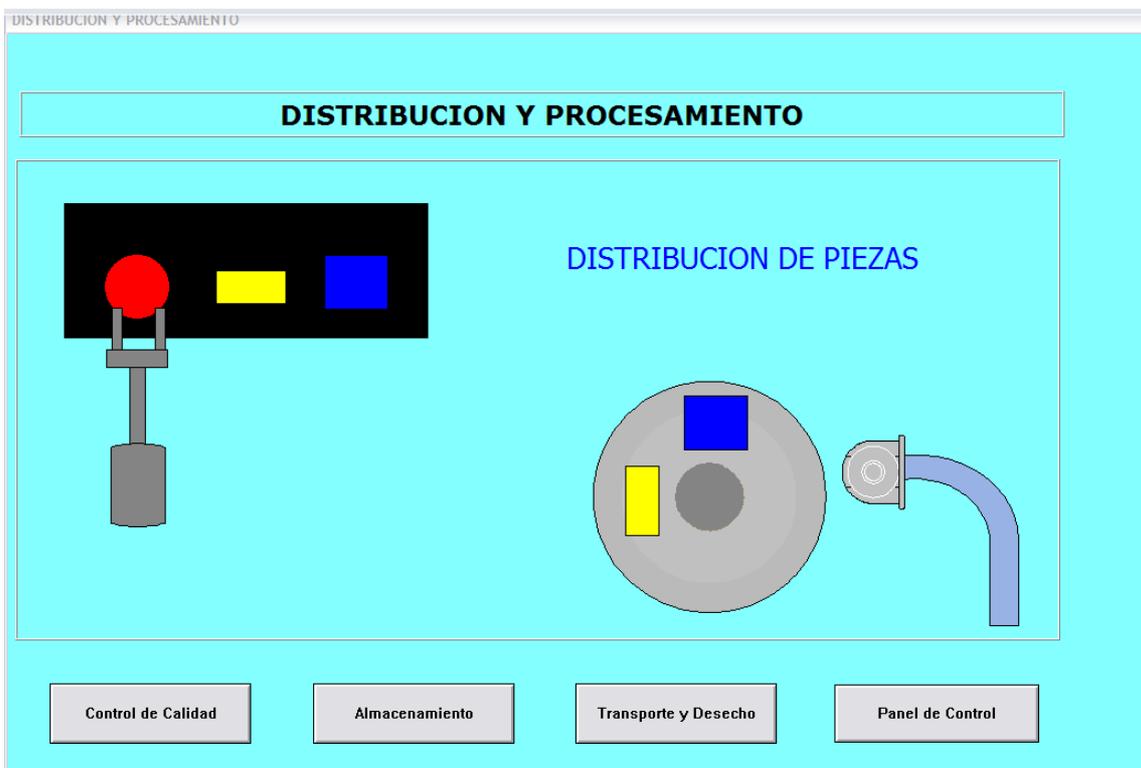


La visualización que se muestra en la pantalla de esta estación es en tiempo real, ya que muestra en pantalla el estado del brazo y las piezas desde la distribución hasta el procesamiento de las mismas.

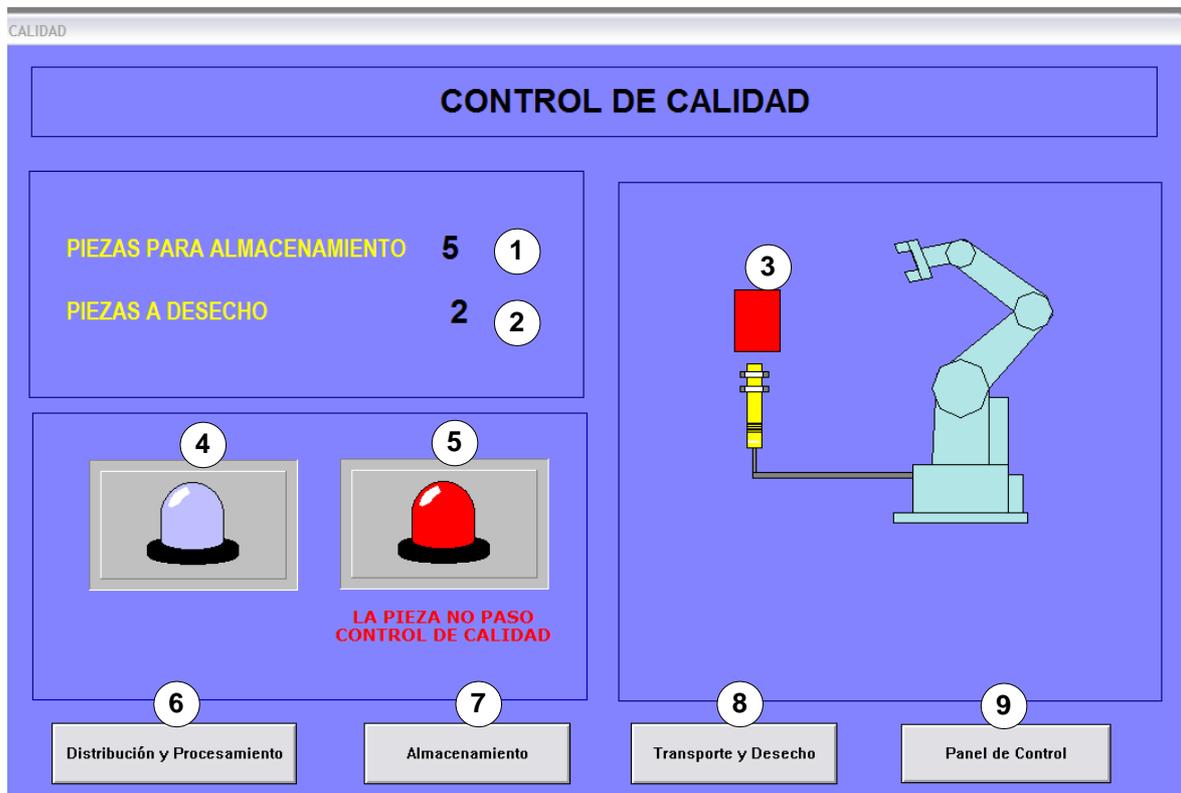
En las gráficas se puede visualizar varios estados de esta estación como por ejemplo cuando esta procesando rectángulos.



En la gráfica se observa la distribución y el procesamiento de cilindros



Si usted accedió a la estación de calidad la pantalla presentada será la siguiente:



NÚMERO	DESCRIPCIÓN
1	Indicador de numérico de piezas que pasaron control de calidad
2	Indicador de numérico de piezas que no pasaron control de calidad
3	Indicador de pieza procesada
4	Alarma visual de pieza buena
5	Alarma visual de pieza mala
6	Link para la visualización de distribución y procesamiento
7	Link para la visualización de la estación de almacenamiento
8	Link para la visualización de la estación de desecho
9	Link para el panel de control

En la pantalla anterior se puede observar el caso en que una pieza no paso control de calidad.

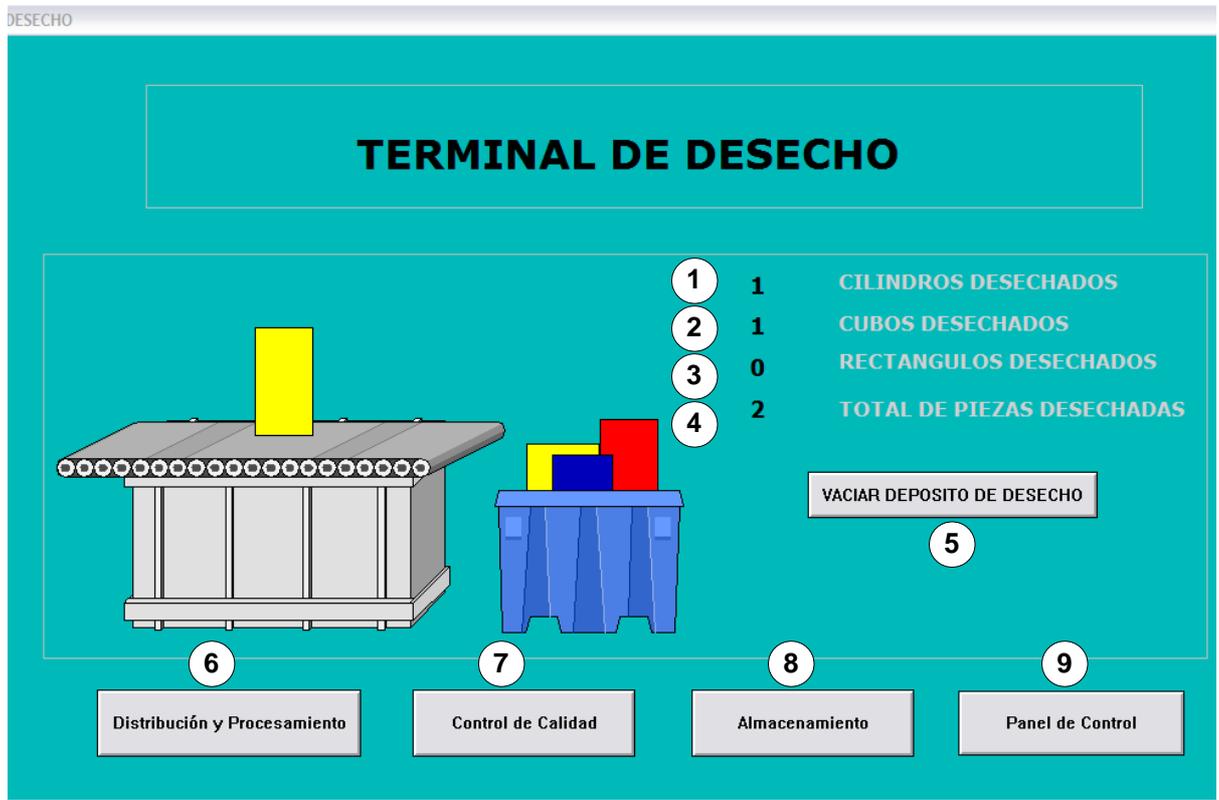
La pantalla muestra la interfaz, cuando una pieza pasa control de calidad.



En el caso que la pieza este en la estación de desecho, la pantalla que usted visualizará en el control del proceso será la siguiente:



Si usted accedió a la estación de desecho la pantalla presentada será la siguiente:



NÚMERO	DESCRIPCIÓN
1	Número de cilindros desechados
2	Número de cubos desechados
3	Número de rectángulos desechados
4	Número total de piezas desechadas
5	Botón para vaciar deposito de desecho
6	Link para la visualización de distribución y procesamiento
7	Link para la visualización de la estación de calidad
8	Link para la visualización de la estación de almacenamiento
9	Link para el panel de control

La interfaz además permite la visualización en tiempo real del producto que esta siendo desechado.

En el caso de que usted de clic en vaciado de depósito de desecho, o la estación no este trabajando la visualización de esta estación será la siguiente:



En el caso que la pieza este en la estación de almacenamiento, la pantalla que usted visualizará en el control del proceso será la siguiente:



Si usted accedió a la estación de almacenamiento la pantalla presentada será la siguiente:



NÚMERO	DESCRIPCIÓN
1	Número de cilindros, rectángulos y cubos almacenados
2	Botón para vaciar cilindros
3	Botón para vaciar rectángulos
4	Botón para vaciar cubos
5	Botón para vaciado total
6	Link para la visualización de distribución y procesamiento
7	Link para la visualización de la estación de desecho
8	Link para la visualización de la estación de calidad
9	Link para el panel de control

La interfaz además permite la visualización en tiempo real del producto que esta siendo almacenado.

Si usted da clic sobre vaciado de alguna de las piezas, en el presente caso, sobre vaciado de cilindros la pantalla presentada será la siguiente:



Si usted da clic sobre vaciado total o la estación no esta funcionando la pantalla presentada será la siguiente:

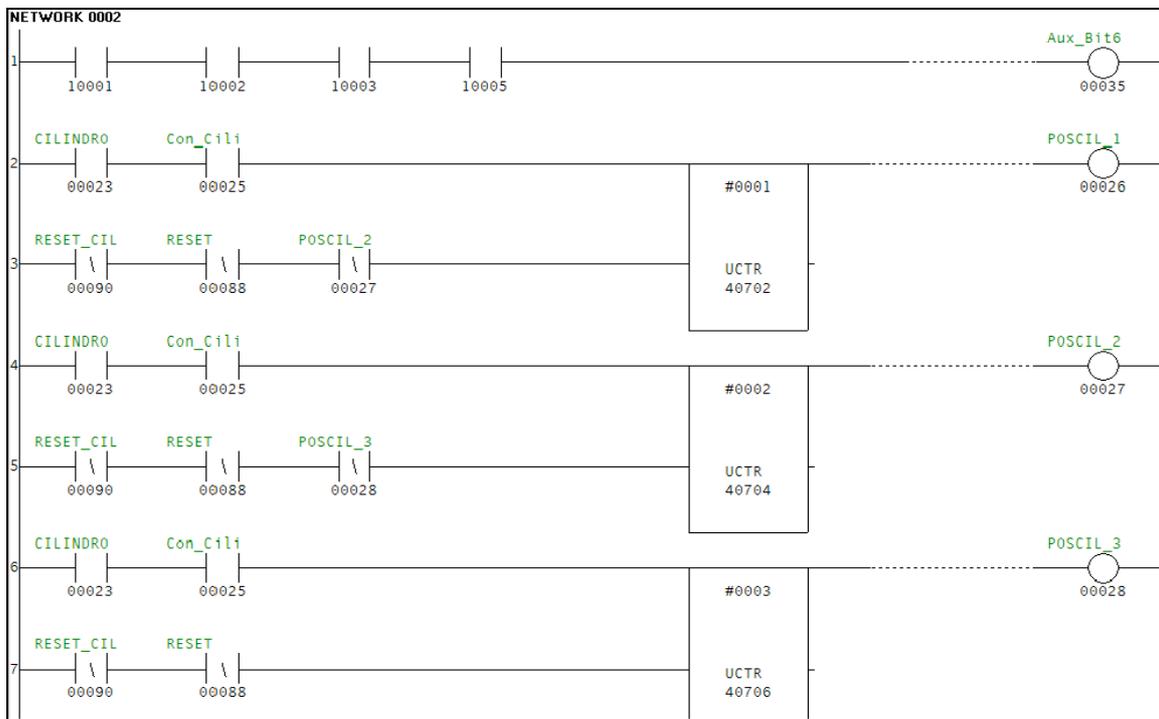
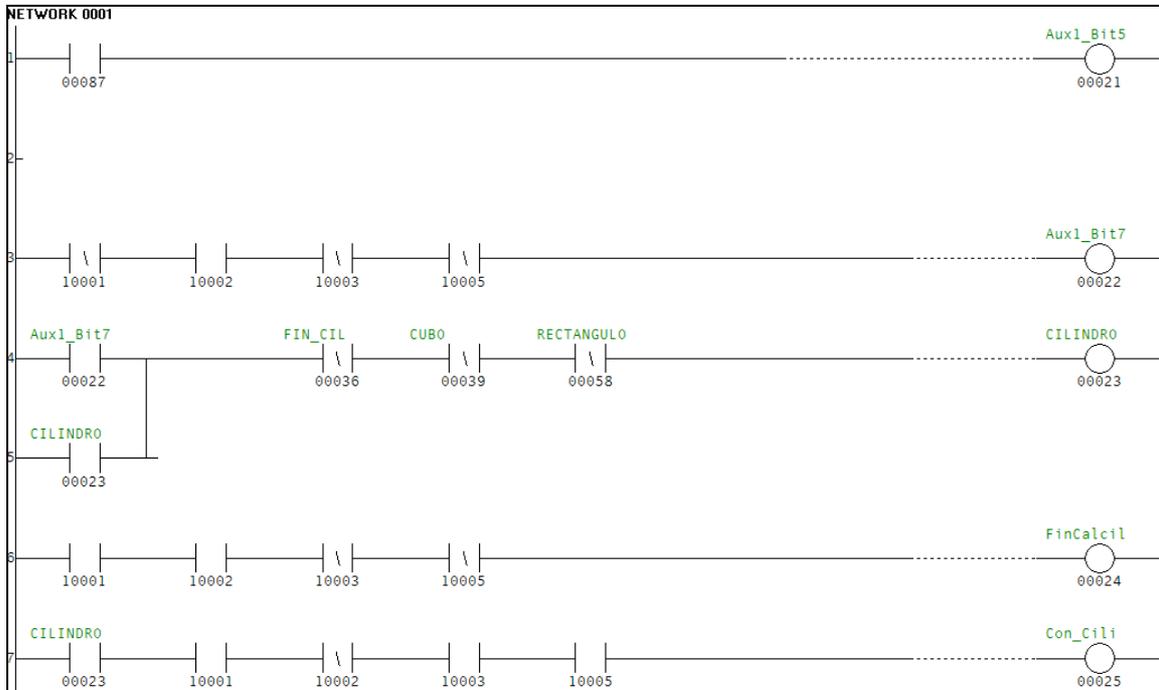


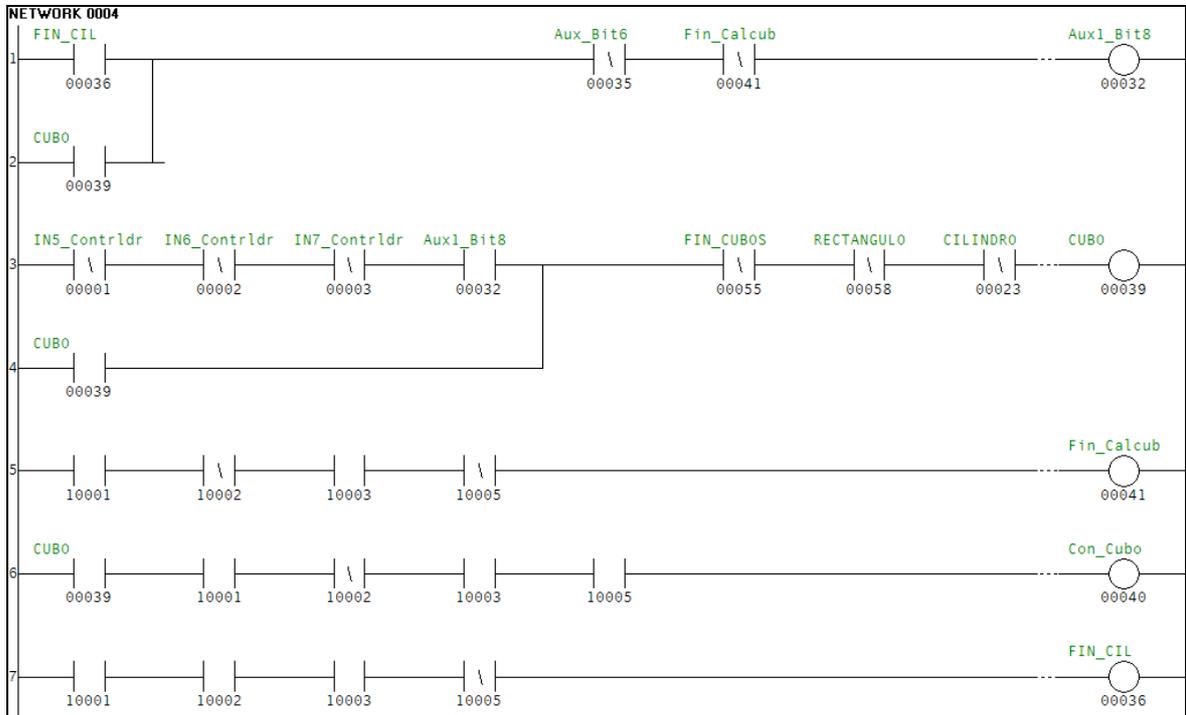
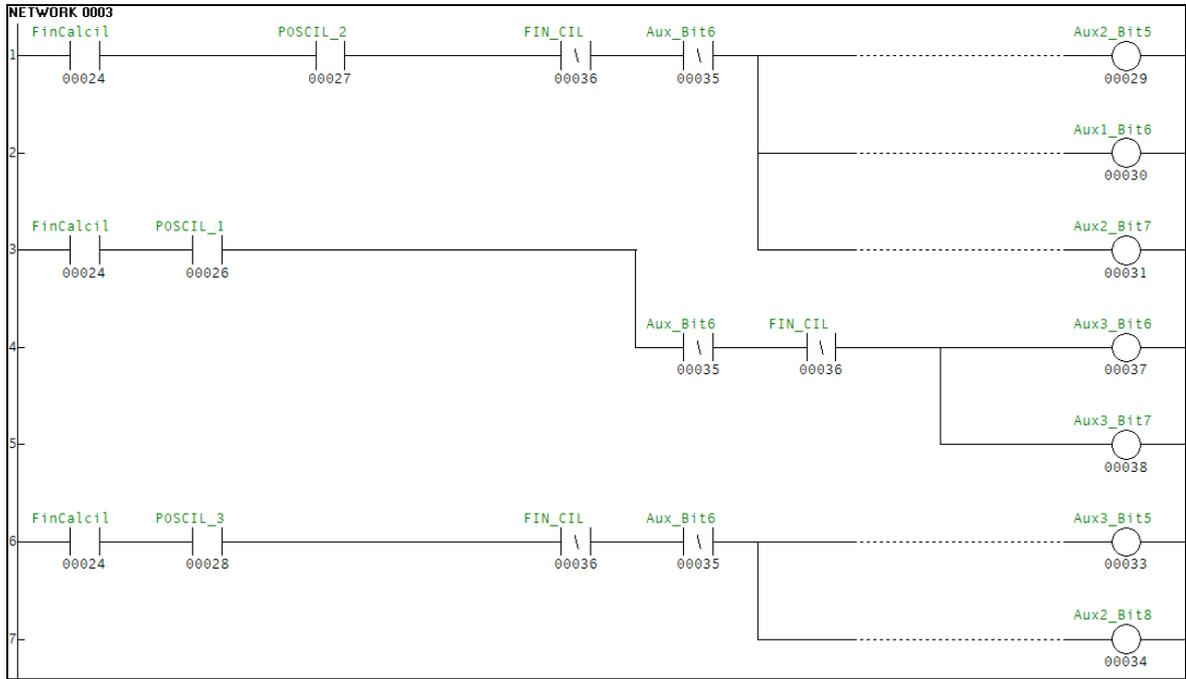
Guía de Solución de Problemas

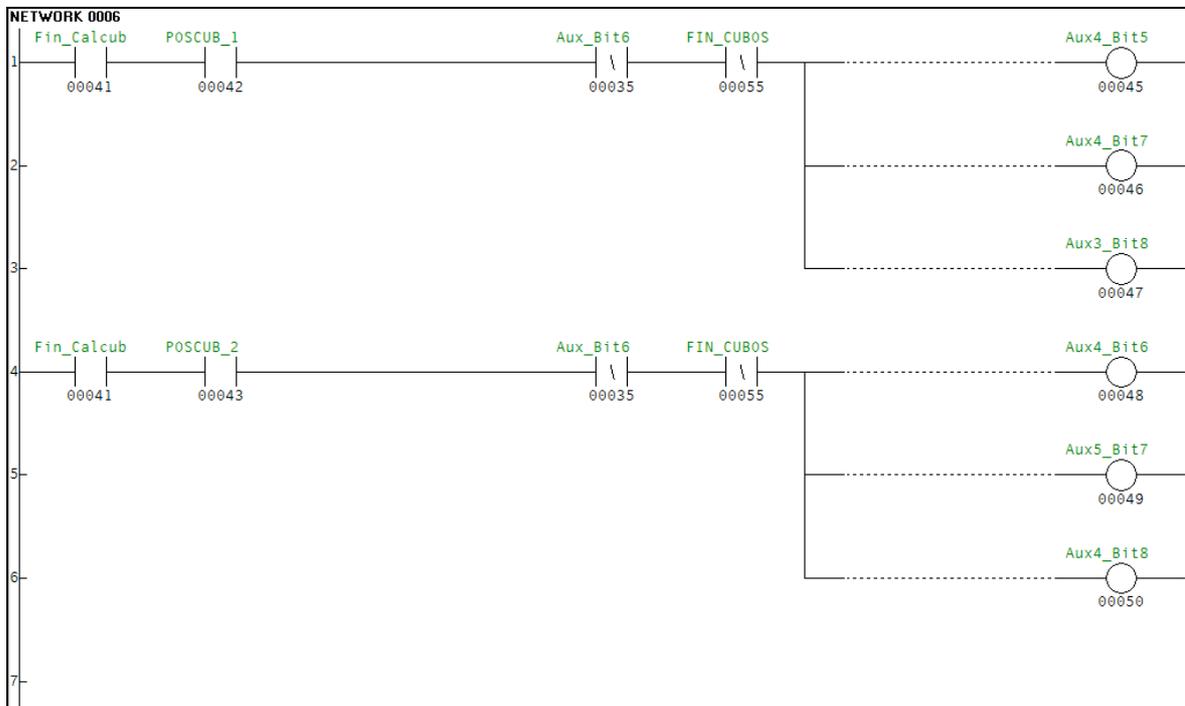
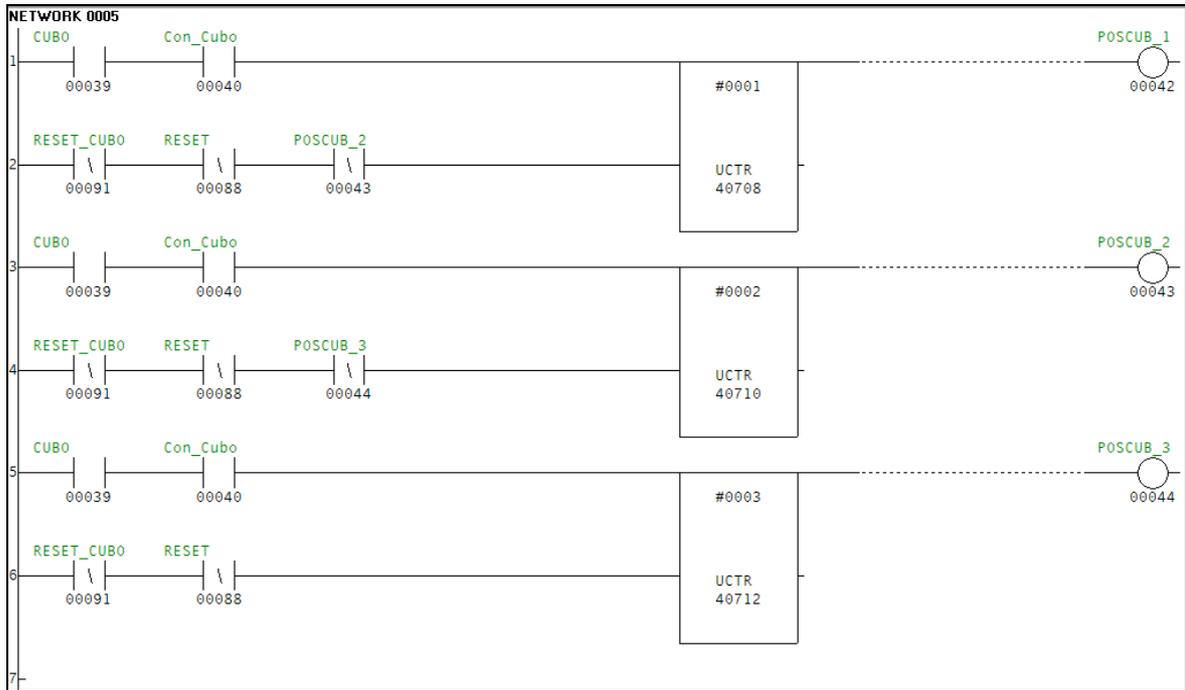
PROBLEMA	CAUSA	SOLUCIÓN
El sistema no se ejecuta, a pesar de presionar el pulsador Start	El programa en Robcomm no está ejecutado	Escriba RUN y el nombre del programa en la pantalla Terminal en robcomm
El sistema no recibe información ni se inicia	El servidor Modicon MODBUS no está activado o falla la comunicación	Revisar el cable RS-232, cerrar el HMI cerrar la aplicación MODBUS, ejecute la aplicación HMI y ejecute nuevamente MODBUS.
La aplicación MODBUS no muestra conexión	El puerto COM del computador no coincide con el puerto configurado en MODBUS	Verificar que el puerto conectado al computador sea el mismo que el puerto configurado en la aplicación MODBUS
La aplicación HMI no responde	Cable de comunicación desconectado	Verificar la conectividad del cable

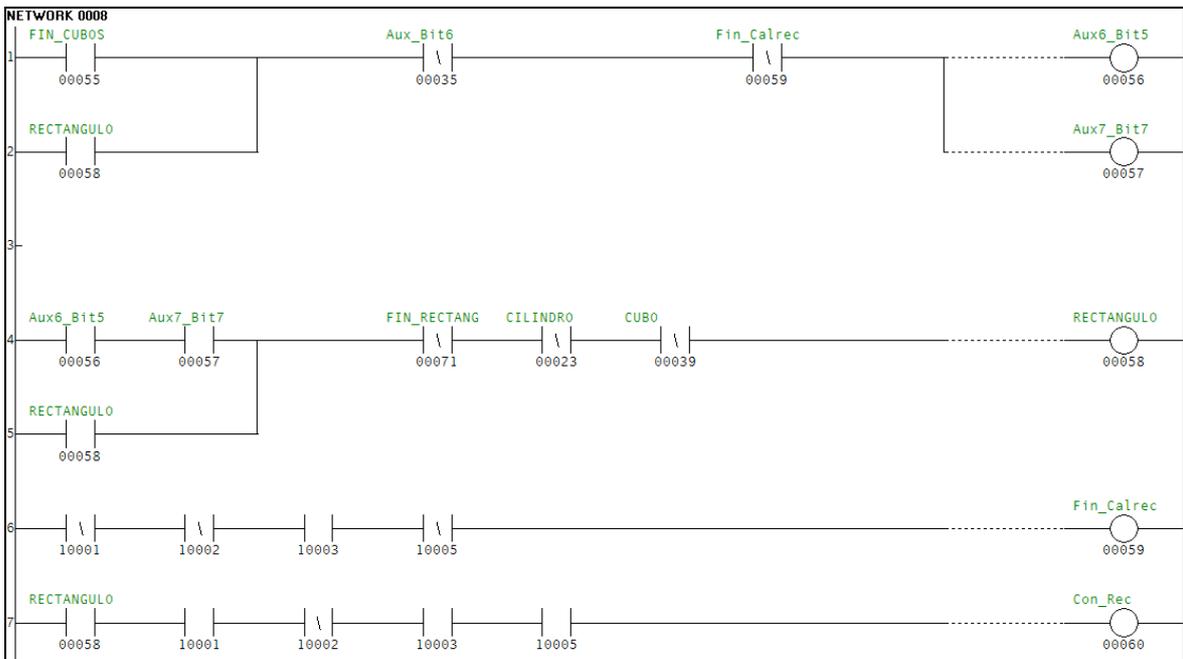
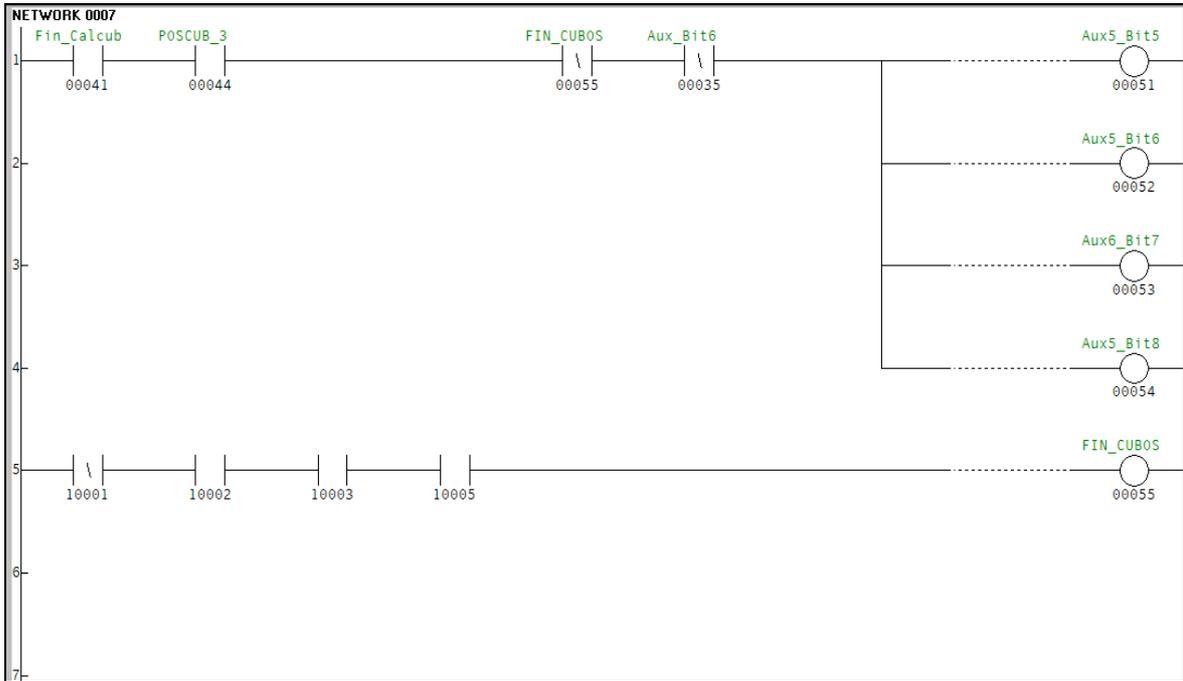
Software para el PLC

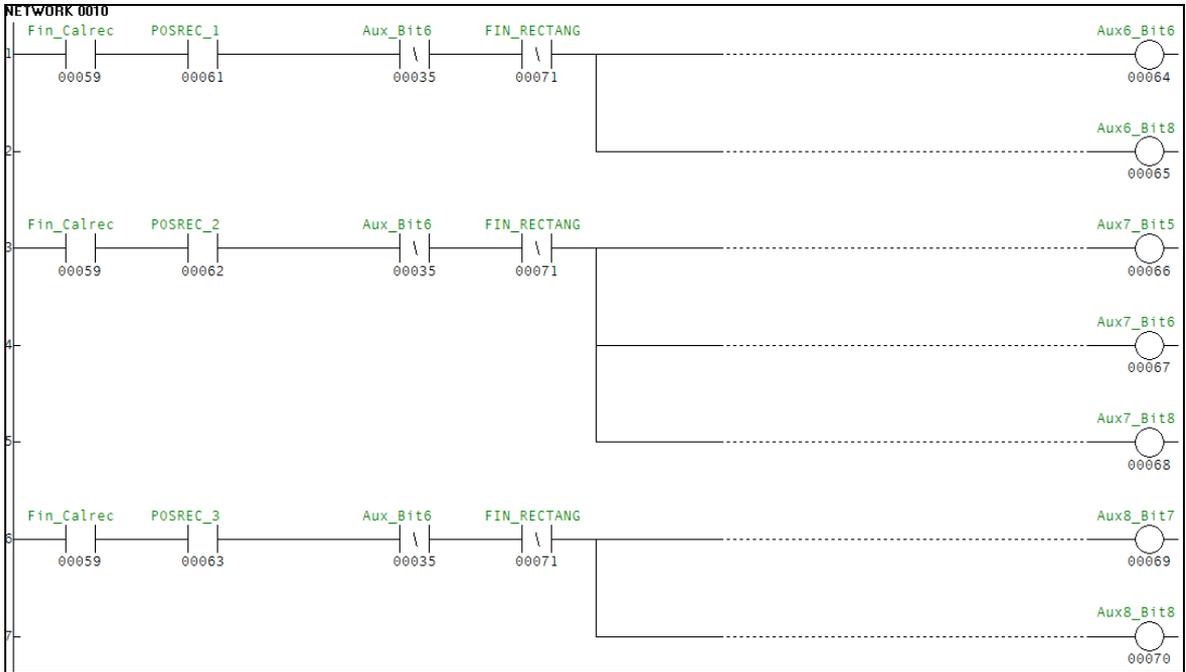
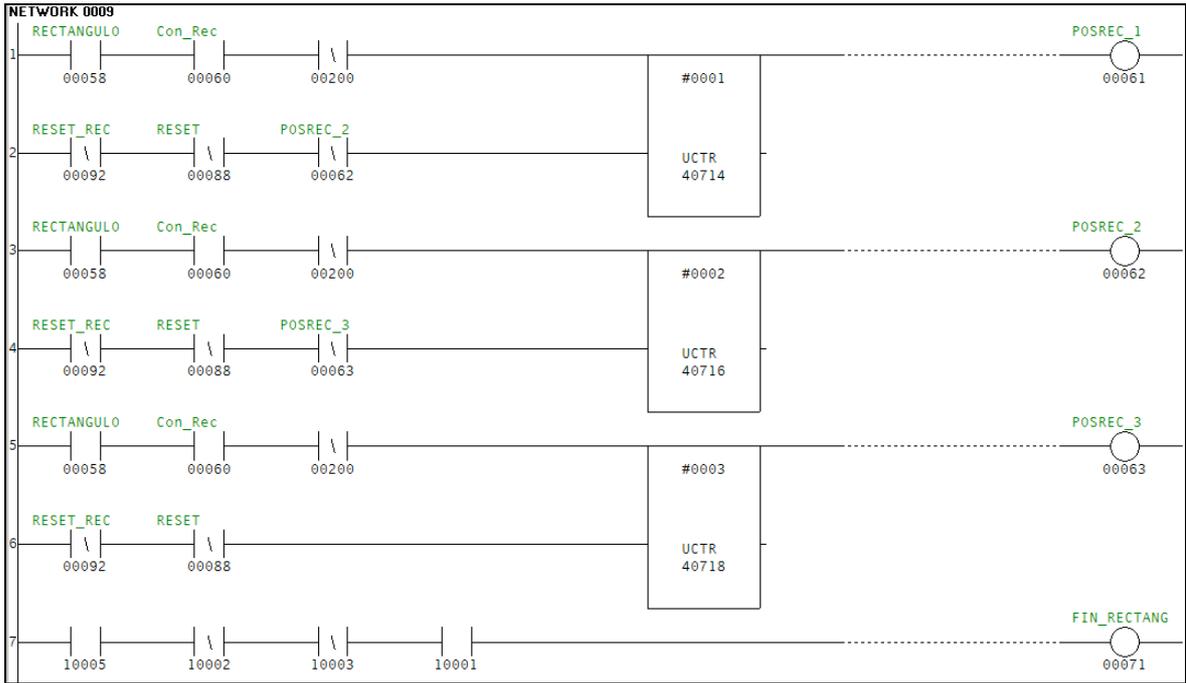
El software utilizado en el PLC es el encargado de enviar y recibir codificación de bits desde el controlador. El software que se utilizo para realizar esta acción es ProWorx y la programación realizada en el mismo es la siguiente:

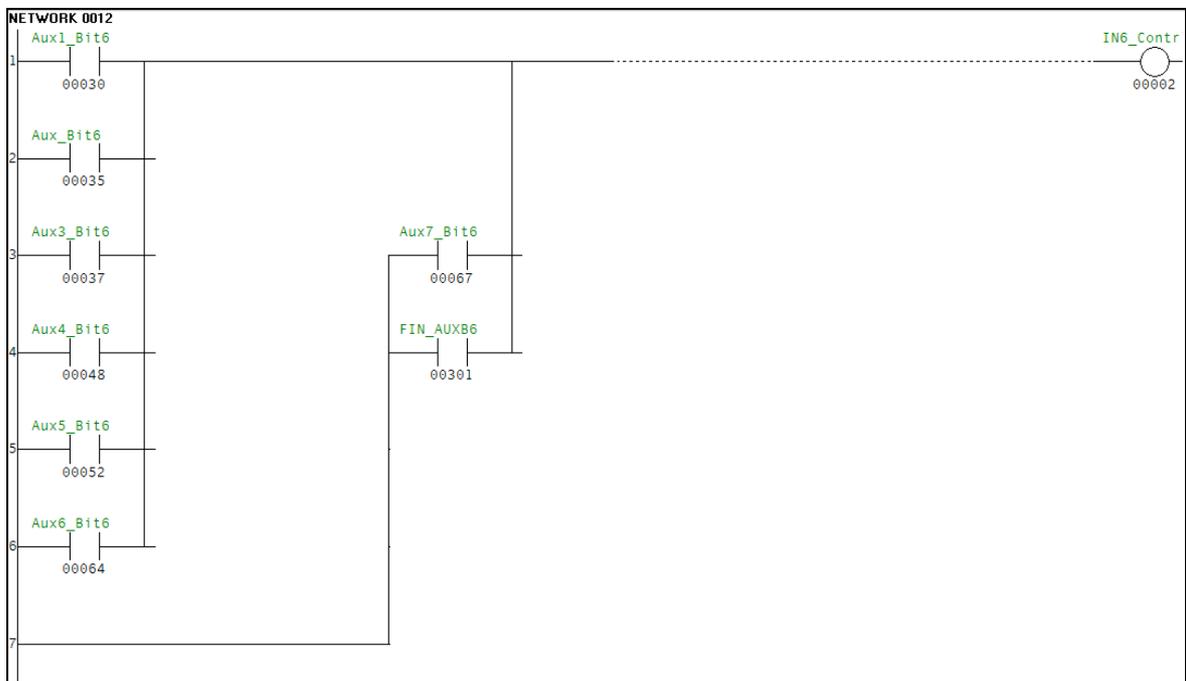
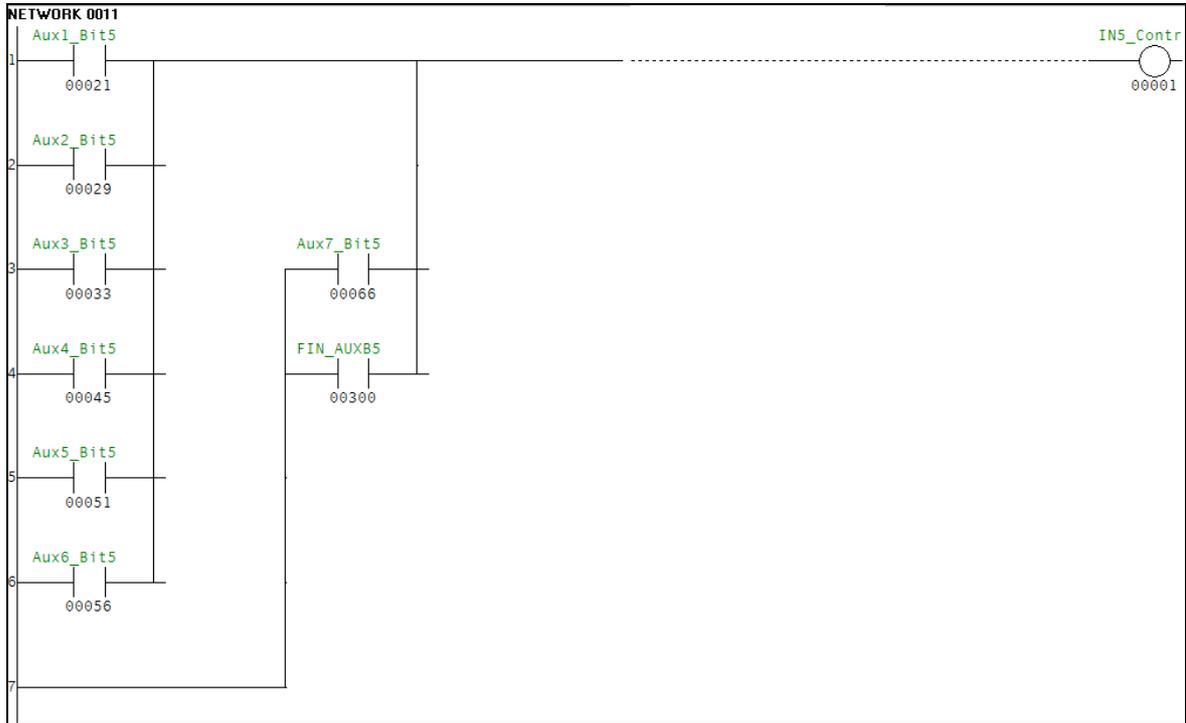


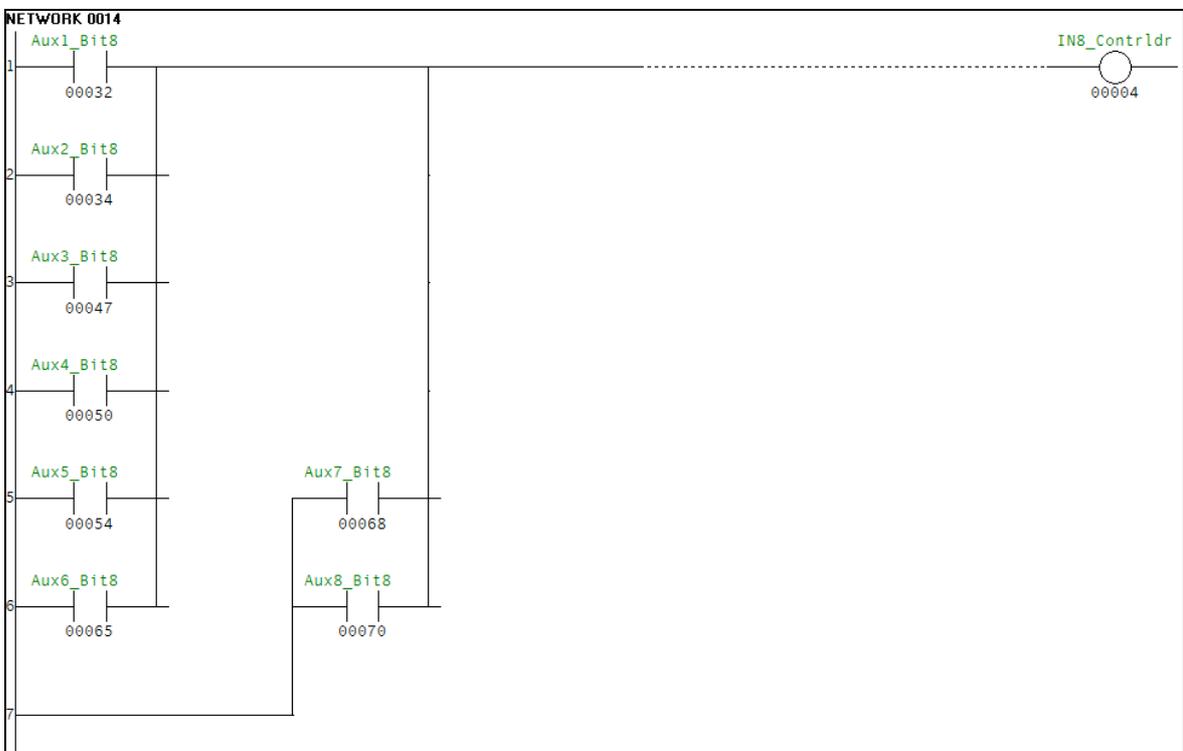
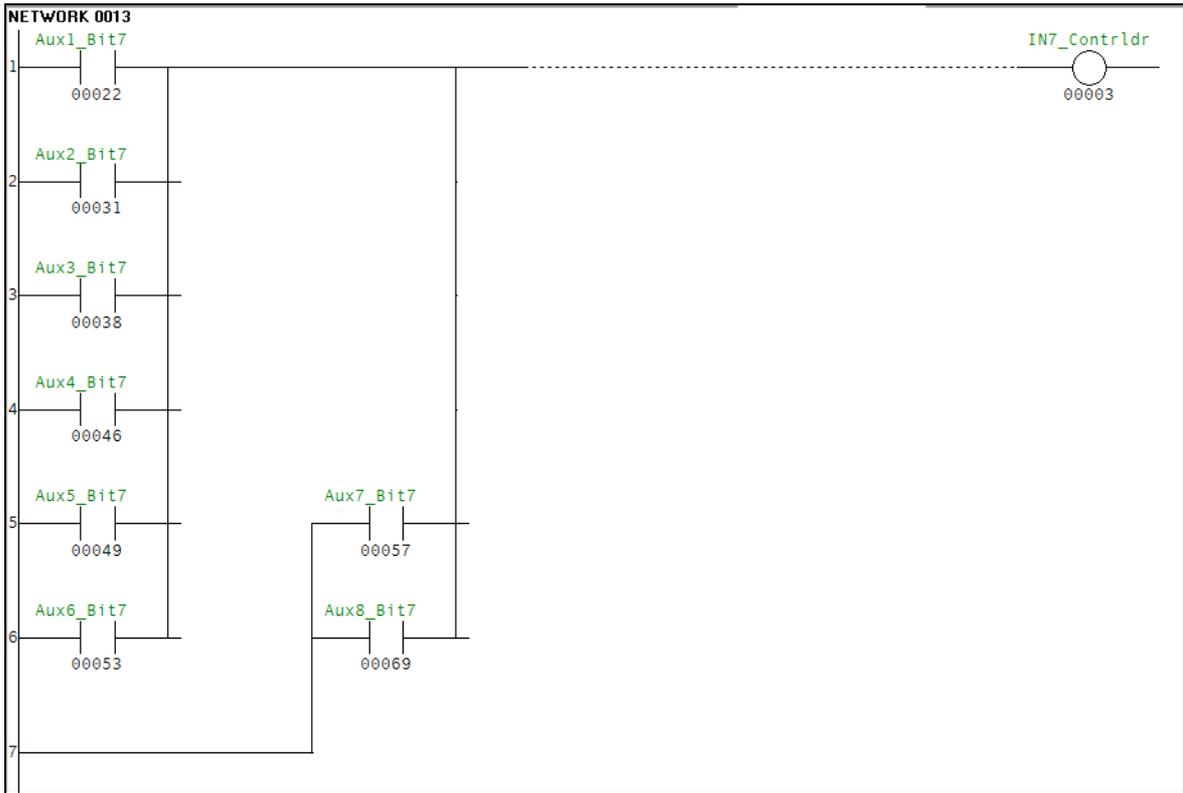


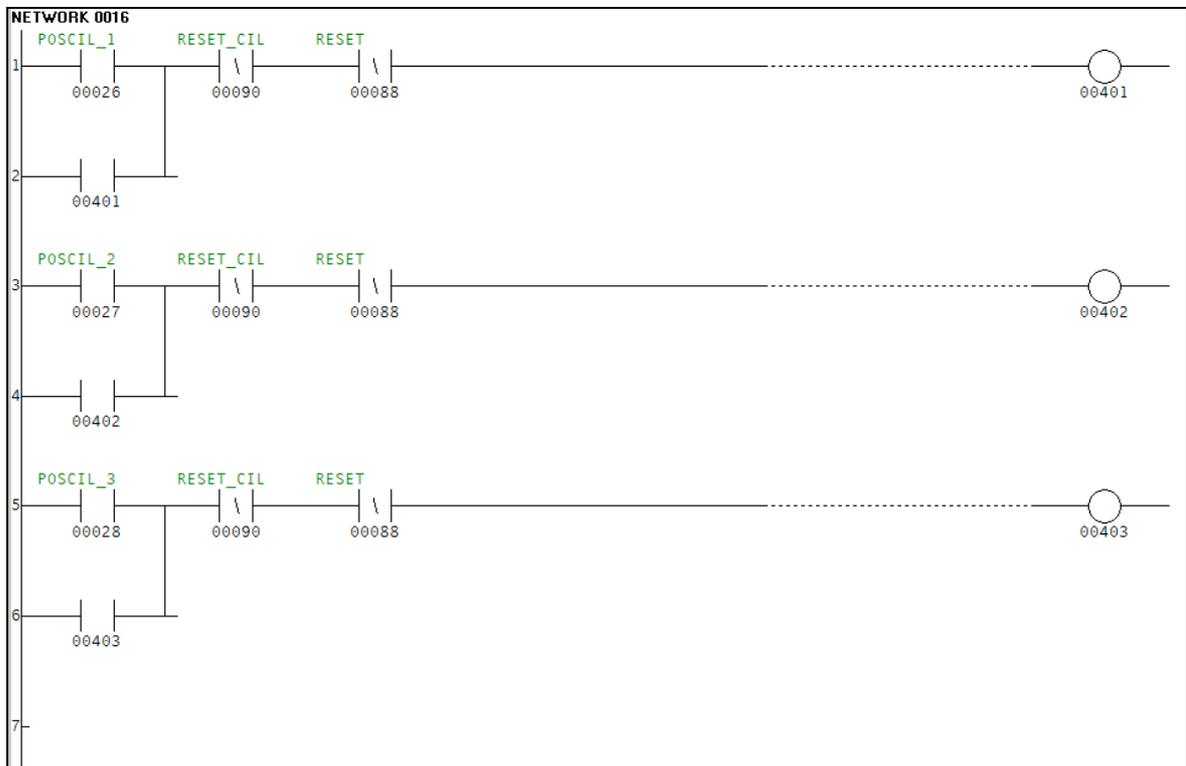
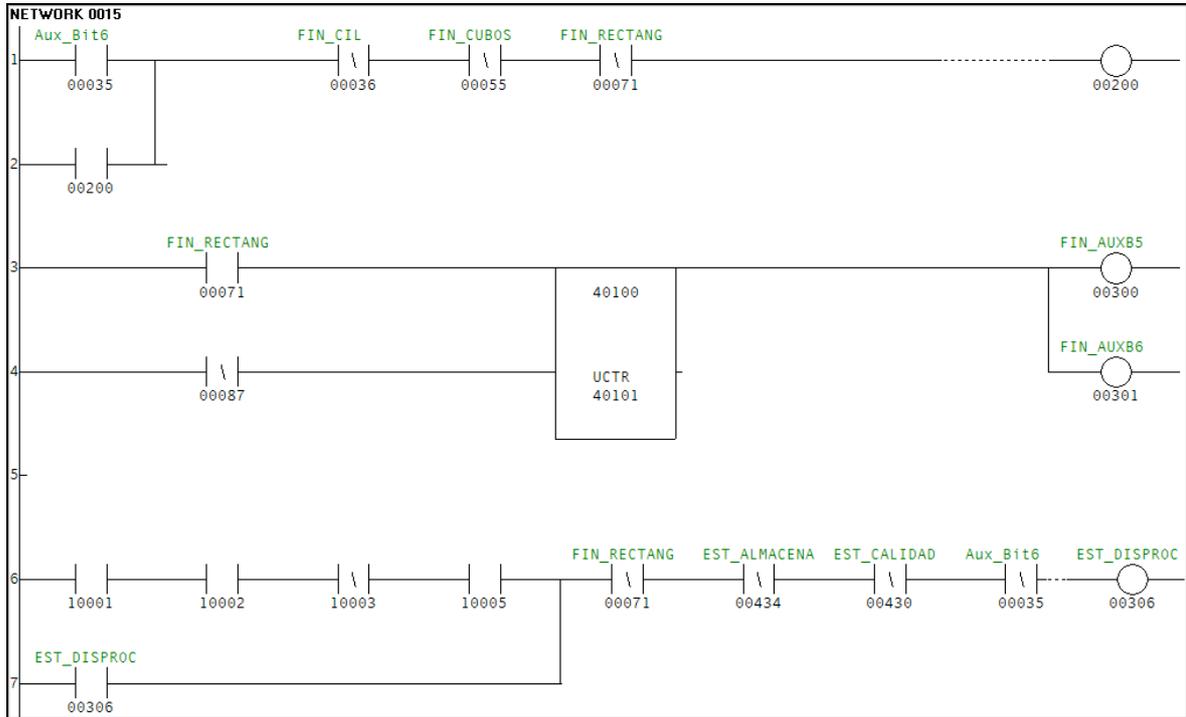


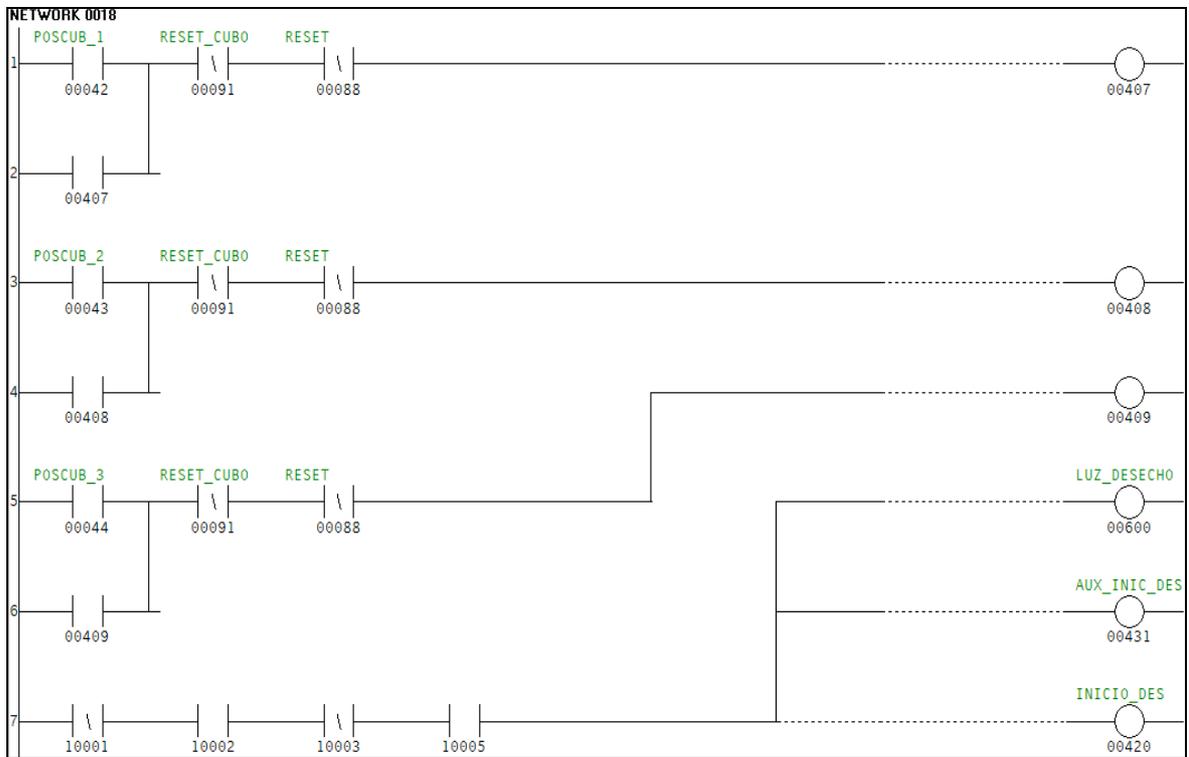
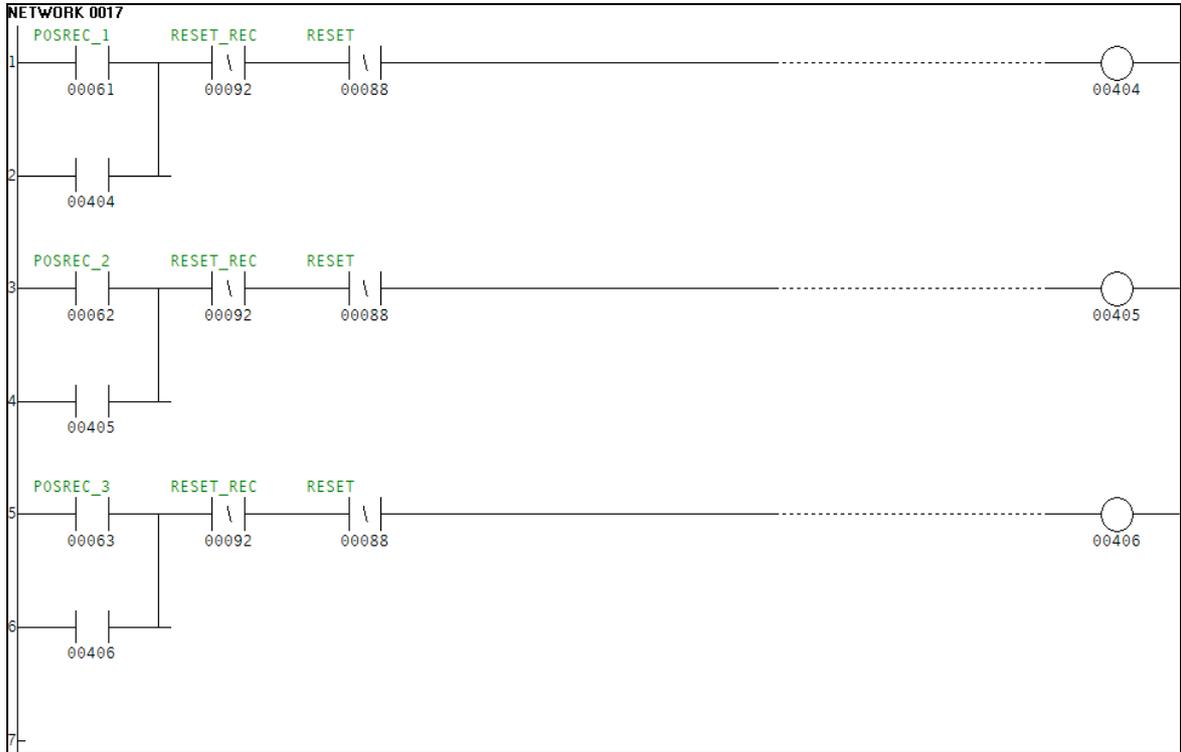


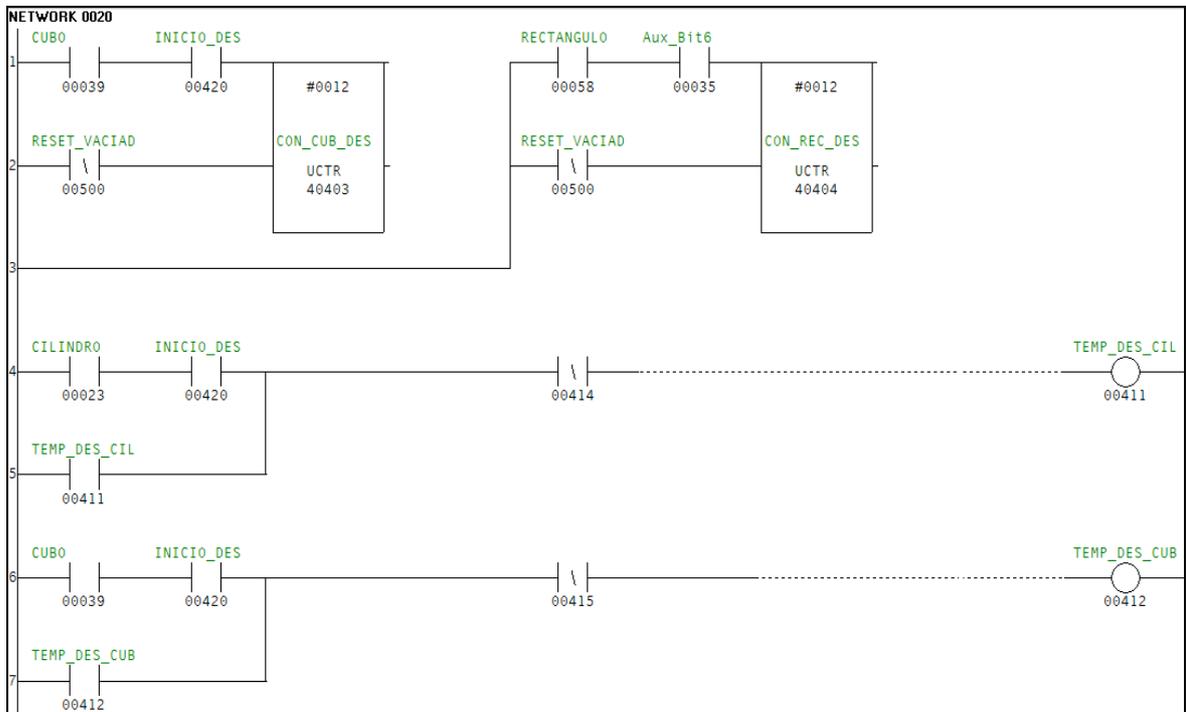
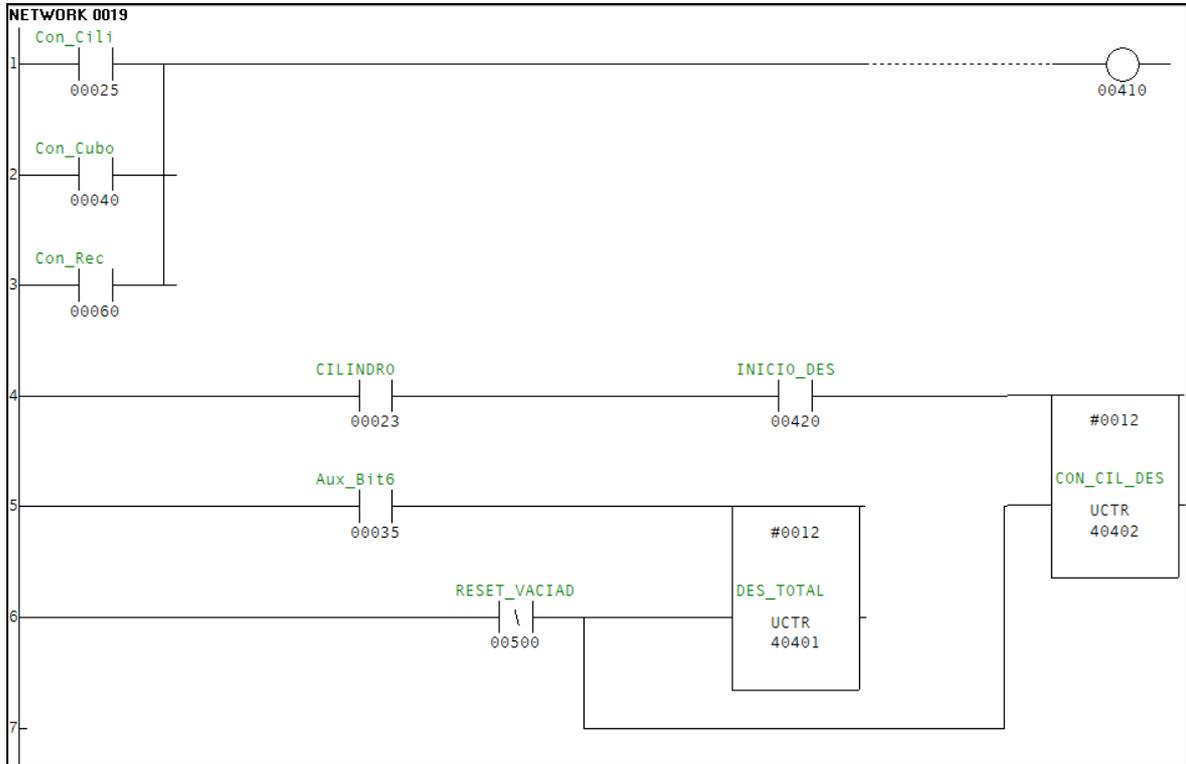


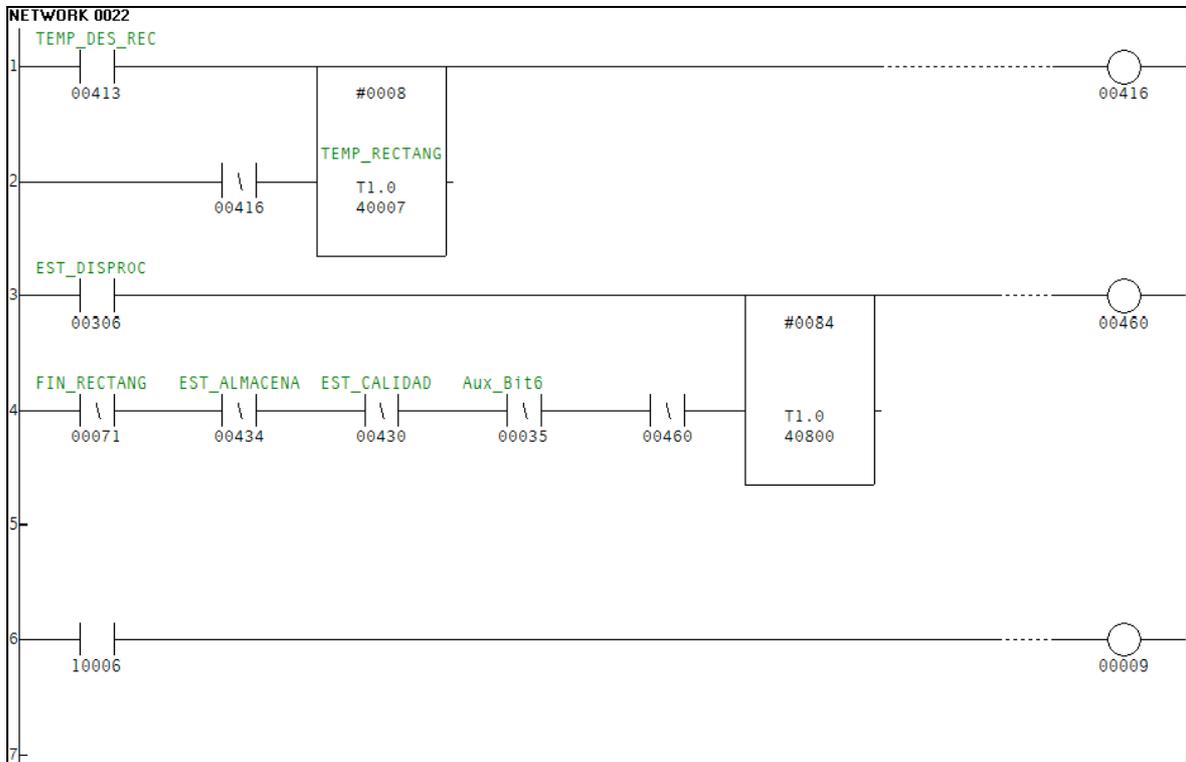
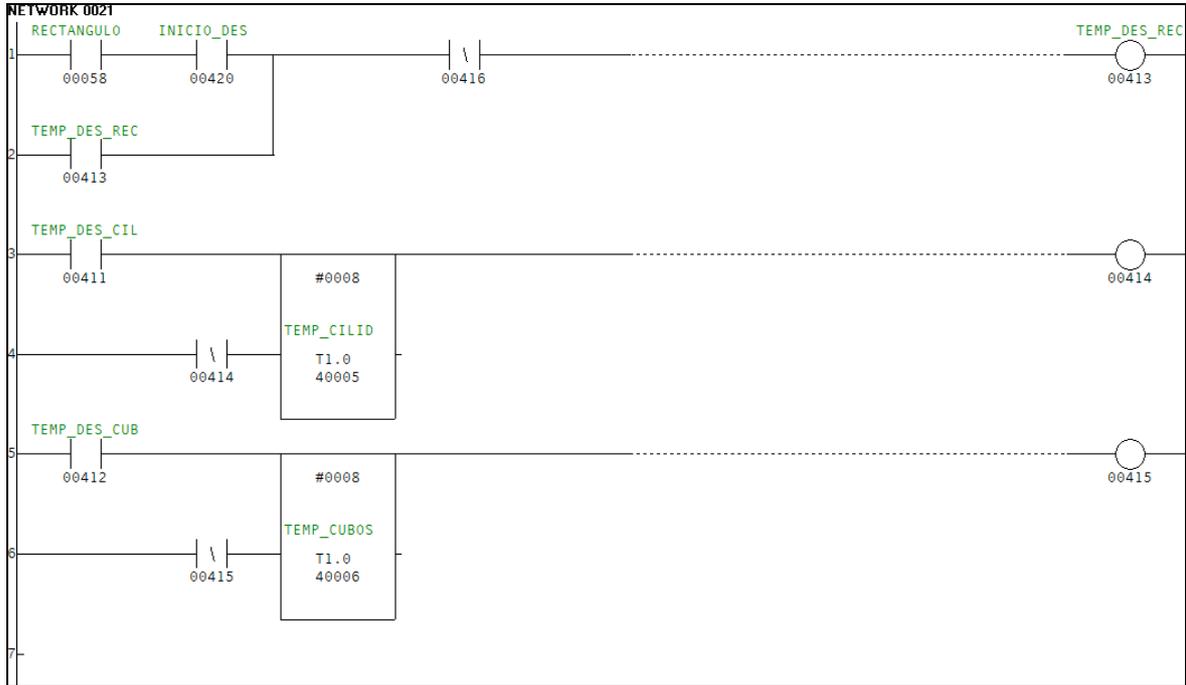


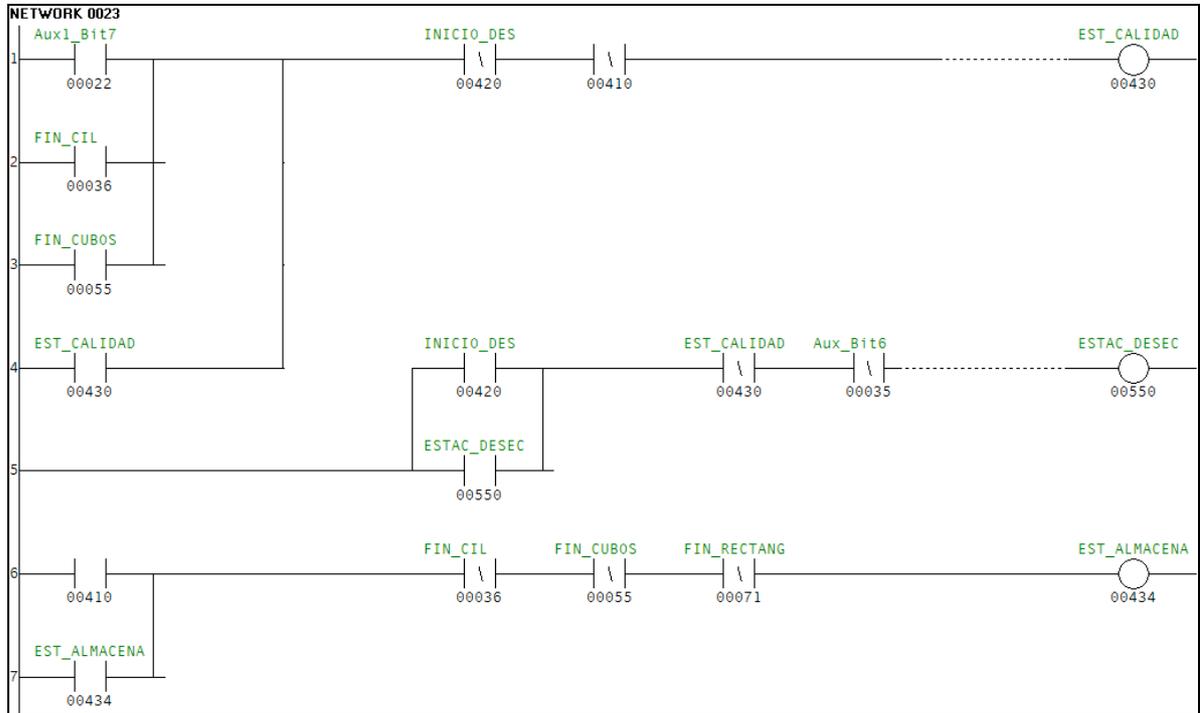












Software para el Controlador del Robot

El software utilizado para la programación del robot es Robcomm, y toda la programación para el desarrollo de esta práctica esta basada en las siguientes subrutinas:

La subrutina principal es la llamada INICIO1, la misma que debe ser puesta en modo RUN para poder ejecutar todo el programa y esta es la siguiente:

Subrutina INICIO1

```
; PROGRAMA PRINCIPAL1
10 READY
15 OUTPUT -1, -2, -3, -4
20 ONSIG +4, PAUSA
30 IFSIG +5, -6, -7, -8 THEN 50
40 GOTO 30
45 OUTPUT -1, -2, -3, -4
50 GOSUB PROC; DISTRIBUCION Y PROCESAMIENTO
60 IFSIG -5, -6, +7, -8 THEN 80
70 GOTO 60
75 OUTPUT -1, -2, -3, -4
80 GOSUB CCIL; CONTROL DE CALIDAD DE CILINDROS
85 IFSIG +5 THEN 100
95 IFSIG -5, +6, +7, -8 THEN 130; SI PASO CONTROL DE CALIDAD, MANDA A
GUARDAR EN LA POS1 CILINDRO
100 IFSIG +5, +6, +7, -8 THEN 150; SI PASO CONTROL DE CALIDAD, MANDA A
GUARDAR EN LA POS2 CILINDRO
110 IFSIG +5, -6, -7, +8 THEN 170; SI PASO CONTROL DE CALIDAD, MANDA A
GUARDAR EN LA POS3 CILINDRO
120 IFSIG -5, +6, -7, -8 THEN 180; SI LA PIEZA SE DESECHA, MANDA A
CONTROL DE CALIDAD DE CUBOS
125 GOTO 90
130 GOSUB CIL1
140 GOTO 180
150 GOSUB CIL2
160 GOTO 180
170 GOSUB CIL3
180 OUTPUT +1, +2, +3, -4; FINAL CILINDROS
190 IFSIG -5, -6, -7, +8 THEN 205
200 GOTO 190
205 OUTPUT -1, -2, -3, -4
210 GOSUB CCUB; CONTROL DE CALIDAD DE CUBOS
220 IFSIG +5, -6, +7, +8 THEN 270; SI PASO CONTROL DE CALIDAD, MANDA A
GUARDAR EN LA POS1 CUBO
230 IFSIG -5, +6, +7, +8 THEN 290; SI PASO CONTROL DE CALIDAD, MANDA A
GUARDAR EN LA POS2 CUBO
```

```

240 IFSIG +5, +6, +7, +8 THEN 310; SI PASO CONTROL DE CALIDAD, MANDA A
GUARDAR EN LA POS3 CUBO
250 IFSIG -5, +6, -7, -8 THEN 320; SI LA PIEZA SE DESECHA, MANDA A
CONTROL DE CALIDAD DE RECTANGULOS
260 GOTO 220
270 GOSUB CUB1
280 GOTO 320
290 GOSUB CUB2
300 GOTO 320
310 GOSUB CUB3
320 OUTPUT -1, +2, +3, +4; FINAL CUBOS
330 IFSIG +5, -6, +7, -8 THEN 350
340 GOTO 330
350 OUTPUT -1, -2, -3, -4
360 GOSUB CREC; CONTROL DE CALIDAD DE RECTANGULOS
370 IFSIG -5, +6, -7, +8 THEN 420; SI PASO CONTROL DE CALIDAD, MANDA A
GUARDAR EN LA POS1 REC
380 IFSIG +5, +6, -7, +8 THEN 440; SI PASO CONTROL DE CALIDAD, MANDA A
GUARDAR EN LA POS2 REC
390 IFSIG -5, -6, +7, +8 THEN 460; SI PASO CONTROL DE CALIDAD, MANDA A
GUARDAR EN LA POS3 REC
400 IFSIG -5, +6, -7, -8 THEN 470; SI LA PIEZA SE DESECHA, MANDA A FINAL
RECTANGULOS
410 GOTO 370
420 GOSUB REC1
430 GOTO 470
440 GOSUB REC2
450 GOTO 470
460 GOSUB REC3
470 READY
480 OUTPUT +1, -2, -3, +4; FINAL RECTANGULOS
490 DELAY 1
500 IFSIG +5, +6 THEN 520
510 GOTO 45
520 STOP
$

```

Desde la subrutina INICIO1, se realiza la llamada a las siguientes subrutinas:

Subrutina PROC

```

10 READY
15 OUTPUT +1, +2, -3, +4
20 OPEN 100
30 SPEED 80
40 MOVE DIS2
50 MOVE DCUB1
60 MOVE DCUB2
70 FINISH

```

80 CLOSE 100
90 SPEED 5
100 MOVE DCUB3
110 MOVE DCUB1
120 SPEED 80
130 MOVE DCUB4
140 MOVE MESA
150 OUTPUT +13
160 IFSIG +2 THEN 180
170 GOTO 160
175 OUTPUT +13
180 IFSIG +2, -1 THEN 200
190 GOTO 180
200 OUTPUT -13
210 MOVE MCUB1
220 SPEED 10
225 FINISH
230 MOVE MCUB2
240 SPEED 80
250 OPEN 100
260 MOVE MCUB1
270 MOVE DIS2
280 OPEN 100
300 MOVE DREC1
310 MOVE DREC2
320 CLOSE 100
330 SPEED 5
340 MOVE DREC3
350 MOVE DREC1
360 SPEED 80
370 MOVE DREC4
380 MOVE MESA
390 OUTPUT +13
400 IFSIG +1 THEN 420
410 GOTO 400
415 OUTPUT +13
420 IFSIG +1, -2 THEN 440
430 GOTO 420
440 OUTPUT -13
450 MOVE MREC1
460 SPEED 10
465 FINISH
470 MOVE MREC2
480 SPEED 70
490 OPEN 100
500 MOVE MREC1
510 MOVE DIS2
520 OPEN 100
540 MOVE DCIL1
550 MOVE DCIL2

560 CLOSE 100
570 SPEED 5
580 MOVE DCIL3
590 MOVE DCIL1
600 SPEED 80
610 MOVE DCIL4
620 MOVE MESA
630 OUTPUT +13
640 IFSIG +1,+2 THEN 660
650 GOTO 640
660 OUTPUT -13
670 MOVE MCIL1
680 SPEED 10
685 FINISH
690 MOVE MCIL2
700 SPEED 80
710 OPEN 100
720 MOVE MCIL1
740 OUTPUT +13, +16
750 DELAY 3
760 OUTPUT -16
770 OUTPUT -1, +2, -3, -4; FIN PROCESO
780 RETURN
\$

Subrutina CCIL

; PROCESO CALIDAD CILINDRO
10 OUTPUT +13
20 IFSIG +1,+2 THEN 40
30 GOTO 20
40 OUTPUT -13, -4
50 OPEN 100
60 MOVE MCIL1
70 SPEED 20
80 MOVE MCIL2
90 FINISH
100 CLOSE 100
110 FINISH
120 SPEED 70
130 MOVE MCIL1
140 MOVE CAL1
150 MOVE CAL2
160 IFSIG +3 THEN 190
170 GOSUB DESEC
180 GOTO 230
190 OUTPUT +1, -2, +3, +4; CONTEO
200 MOVE CAL1
210 OUTPUT +1, +2, -3, -4; FIN CALCIL
220 GOTO 250

230 OUTPUT +2, +1, +3, +4; FIN DESECHO
240 DELAY 1
250 RETURN
\$

Subrutina CCUB

; PROCESO CALIDAD CUBO
10 OUTPUT +13
20 IFSIG +2 THEN 40
30 GOTO 20
40 IFSIG +2, -1 THEN 60
50 GOTO 40
60 OUTPUT -13, -4
70 OPEN 100
80 MOVE MCUB1
90 SPEED 20
100 MOVE MCUB2
110 FINISH
120 CLOSE 100
130 FINISH
140 SPEED 70
150 MOVE MCUB1
160 MOVE CAL1
170 MOVE CAL2
180 IFSIG +3 THEN 210
190 GOSUB DESEC
200 GOTO 250
210 OUTPUT +1, -2, +3, +4; CONTEO
220 MOVE CAL1
230 OUTPUT +1, -2, +3, -4; FIN CALCUB
240 GOTO 270
250 OUTPUT +2, +1, +3, +4; FIN DESECHO
260 DELAY 1
270 RETURN
\$

Subrutina CREC

; PROCESO CALIDAD RECTANGULO
10 OUTPUT +13
20 IFSIG +1 THEN 40
30 GOTO 20
40 IFSIG +1, -2 THEN 60
50 GOTO 40
60 OUTPUT -13
70 OPEN 100
80 MOVE MREC1
90 SPEED 20
100 MOVE MREC2

110 FINISH
120 CLOSE 100
130 FINISH
140 SPEED 70
150 MOVE MREC1
160 MOVE CAL1
170 MOVE CAL2
180 IFSIG +3 THEN 210
190 GOSUB DESEC
200 GOTO 250
210 OUTPUT +1, -2, +3, +4; CONTEO
220 MOVE CAL1
230 OUTPUT -1, -2, +3, -4; FIN CALREC
240 GOTO 270
250 OUTPUT +2, +1, +3, +4; FIN DESECHO
260 DELAY 1
270 RETURN
\$

Subrutina CIL1

10 SPEED 70
20 MOVE ACIL11
30 SPEED 30
40 MOVE ACIL12
50 FINISH
60 OPEN 10
70 FINISH
80 SPEED 70
90 MOVE ACIL11
100 RETURN
\$

Subrutina CIL2

10 SPEED 70
20 MOVE ACIL11
30 MOVE ACIL21
40 SPEED 30
50 MOVE ACIL22
60 FINISH
70 OPEN 10
80 FINISH
90 SPEED 70
100 MOVE ACIL21
110 RETURN
\$

Subrutina CIL3

10 SPEED 70
20 MOVE ACIL11
30 MOVE ACIL31
40 SPEED 30
50 MOVE ACIL32
60 FINISH
70 OPEN 10
80 FINISH
90 SPEED 70
100 MOVE ACIL31
110 RETURN
\$

Subrutina CUB1

10 SPEED 70
20 MOVE ACUB11
30 SPEED 30
40 MOVE ACUB12
50 FINISH
60 OPEN 10
70 FINISH
80 SPEED 70
90 MOVE ACUB11
100 RETURN
\$

Subrutina CUB2

10 SPEED 70
20 MOVE ACUB11
30 MOVE ACUB21
40 SPEED 30
50 MOVE ACUB22
60 FINISH
70 OPEN 10
80 FINISH
90 SPEED 70
100 MOVE ACUB21
110 RETURN
\$

Subrutina CUB3

10 SPEED 70
20 MOVE ACUB11
30 MOVE ACUB31
40 SPEED 30
50 MOVE ACUB32
60 FINISH

70 OPEN 10
80 FINISH
90 SPEED 70
100 MOVE ACUB31
110 RETURN
\$

Subrutina REC1

10 SPEED 70
20 MOVE AREC11
30 SPEED 30
40 MOVE AREC12
50 FINISH
60 OPEN 10
70 FINISH
80 SPEED 70
90 MOVE AREC11
100 RETURN
\$

Subrutina REC2

10 SPEED 70
20 MOVE AREC11
30 MOVE AREC21
40 SPEED 30
50 MOVE AREC22
60 FINISH
70 OPEN 10
80 FINISH
90 SPEED 70
100 MOVE AREC21
110 RETURN
\$

Subrutina REC3

10 SPEED 70
20 MOVE AREC11
30 MOVE AREC31
40 SPEED 30
50 MOVE AREC32
60 FINISH
70 OPEN 10
80 FINISH
90 SPEED 70
100 MOVE AREC31
110 RETURN
\$

Subrutina DESEC

10 OUTPUT +15
20 DELAY 1
30 OUTPUT -15
40 MOVE BAN1
50 MOVE BAN2
60 FINISH
70 OUTPUT -1, +2, -3, +4
80 OPEN 100
90 FINISH
100 MOVE BAN3
110 OUTPUT +14
120 DELAY 10
130 OUTPUT -14
140 RETURN
\$

Nuestra Garantía

Se garantiza que este sistema no presenta defectos de diseño, material o fabricación por un período de 4 años a partir de esta fecha

CONDICIONES

Si durante el período de garantía, este sistema no funciona bajo condiciones de uso y servicio normales, debido a fallas de diseño, material o fabricación, los distribuidores autorizados en el país/región donde adquirió el sistema, repararán o reemplazarán el producto según su criterio en conformidad con los términos y condiciones aquí estipuladas.

1. Esta garantía no cubre fallas en el sistema por el desgaste anormal o el uso incorrecto del sistema, incluido el uso en condiciones distintas a las normales y habituales. Tampoco cubre fallas causadas por accidentes, modificaciones o ajustes del software o hardware, fuerza mayor o daños por derrame de líquidos u otro material.
2. Esta garantía no cubre fallas del sistema causada por instalaciones, modificaciones, reparaciones o apertura del sistema realizadas por personas no autorizadas
3. ESTE PRODUCTO NO DISPONE DE NINGUNA OTRA GARANTÍA EXPRESA, NI ESCRITA, NI ORAL. EXCEPTO ESTA GARANTÍA LIMITADA POR ESCRITO

Derechos reservados por autor

ANEXO 2

Software de Control para la Práctica 1

MEZCLA DE SUSTANCIAS REACTIVAS

Controlador del Robot

En la práctica de la obtención de colores secundarios, hemos utilizado únicamente el controlador del robot para su ejecución por lo que el único programa que se ejecuta para este proceso es el desarrollado en este lenguaje:

Si usted desea que este programa se ejecute debe tipear RUN COLOR en el terminal de robcomm.

El programa ejecutado será el siguiente:

```
10 READY
20 SPEED 70
30 OPEN 100
40 FINISH
50 MOVE DAMAR11
60 SPEED 30
70 MOVE DAMAR12
80 FINISH
90 CLOSE 50
95 FINISH
100 SPEED 50
110 MOVE DAMAR13
115 MOVE MESAC1
120 OUTPUT +13
125 IFSIG +2 THEN 140
130 OUTPUT +13
135 GOTO 125
140 IFSIG +2, -1 THEN 160; POSICION COLOR VERDE
150 GOTO 140
160 OUTPUT -13
170 SPEED 5
180 ROLL 56
185 FINISH
190 ROLL -56
200 SPEED 70
210 OUTPUT +13
220 IFSIG -2, +1 THEN 240; POSICION COLOR NARANJA
230 GOTO 220
240 OUTPUT -13
245 MOVE MESAR2
250 SPEED 5
260 ROLL 70
265 FINISH
270 ROLL -70
280 SPEED 50
310 MOVE DAMAR13
```

320 SPEED 20
320 MOVE DAMAR12
325 FINISH
330 OPEN 100
340 SPEED 70
350 MOVE DAMAR11
370 MOVE DAZUL11
380 SPEED 30
390 MOVE DAZUL12
395 FINISH
400 CLOSE 50
405 FINISH
410 MOVE DAZUL13
420 MOVE DAZUL14
430 SPEED 50
440 MOVE MESA2; POSICION COLOR VERDE
450 SPEED 5
460 ROLL 60
465 FINISH
470 ROLL -60
480 SPEED 50
490 OUTPUT +13
500 IFSIG +2, +1 THEN 520; POSICION COLOR LILA
510 GOTO 500
520 OUTPUT -13
530 MOVE MESA3
540 SPEED 5
550 ROLL 70
555 FINISH
560 ROLL -70
570 SPEED 50
590 MOVE DAZUL14
600 MOVE DAZUL13
610 SPEED 20
620 MOVE DAZUL12
625 FINISH
630 OPEN 100
640 SPEED 70
660 MOVE DAZUL11
670 MOVE DROJO11
680 SPEED 30
690 MOVE DROJO12
695 FINISH
700 CLOSE 50
705 FINISH
710 MOVE DROJO13
720 MOVE DROJO14
730 SPEED 50
740 MOVE MESAL1
750 SPEED 5; COLOR LILA

760 ROLL 56
765 FINISH
770 ROLL -56
780 SPEED 50
800 OUTPUT +13
810 IFSIG +2 THEN 840
820 OUTPUT +13
830 GOTO 810
840 IFSIG +2, -1 THEN 860; POSICION COLOR NARANJA
850 GOTO 840
860 OUTPUT -13
870 MOVE MESAC2
880 SPEED 5
890 ROLL 66
895 FINISH
900 ROLL -66
910 SPEED 50
930 MOVE DROJO14
940 MOVE DROJO13
950 SPEED 20
960 MOVE DROJO12
965 FINISH
970 OPEN 100
980 SPEED 50
990 MOVE DROJO11
1010 OUTPUT +13
1020 DELAY 20
1030 OUTPUT -13
1040 STOP
\$

ANEXO 3

DATASHEET FOTOTRANSISTOR 3098



ELECTRONICS, INC.
44 FARRAND STREET
BLOOMFIELD, NJ 07003
(973) 748-5089

NTE3098 Optoisolator Phototransistor ^w/NPN Transistor Output

Description:

The NTE3098 consists of a phototransistor optically coupled to a gallium arsenide infrared emitting diode in a single 4-Lead DIP type package.

Features:

- Collector-Emitter Voltage: $V_{CEO} = 55V$ Min
- Current Transfer Ratio: $I_C/I_F = 100\%$ Min
- Isolation Voltage: $BV_S = 5000V_{rms}$ Min

Absolute Maximum Ratings: ($T_A = +25^\circ C$ unless otherwise specified)

LED

Forward Current, I_F	60mA
Derate above $39^\circ C$	$0.7mA/^\circ C$
Pulse Forward Current (100 μs Pulse, 100pps), I_{FP}	1A
Power Dissipation, P_D	100mW
Derate above $25^\circ C$	$1mW/^\circ C$
Reverse Voltage, V_R	5V
Junction Temperature, T_J	$+125^\circ C$

DETECTOR

Collector-Emitter Voltage, V_{CEO}	55V
Emitter-Collector Voltage, V_{ECO}	7V
Collector Current, I_C	50mA
Collector Power Dissipation, P_C	150mW
Derate above $25^\circ C$	$1.5mW/^\circ C$
Junction Temperature, T_J	$+125^\circ C$

COUPLED

Total Package Power Dissipation, P_T	250mW
Derate above $25^\circ C$	$2.5mW/^\circ C$
Isolation Voltage (AC, 1 min., $RH \leq 60\%$), BV_S	$5000V_{rms}$
Storage Temperature Range, T_{stg}	-55° to $+150^\circ C$
Operating Temperature Range, T_{opr}	-55° to $+100^\circ C$
Lead Temperature (During Soldering, 10sec), T_L	$+260^\circ C$

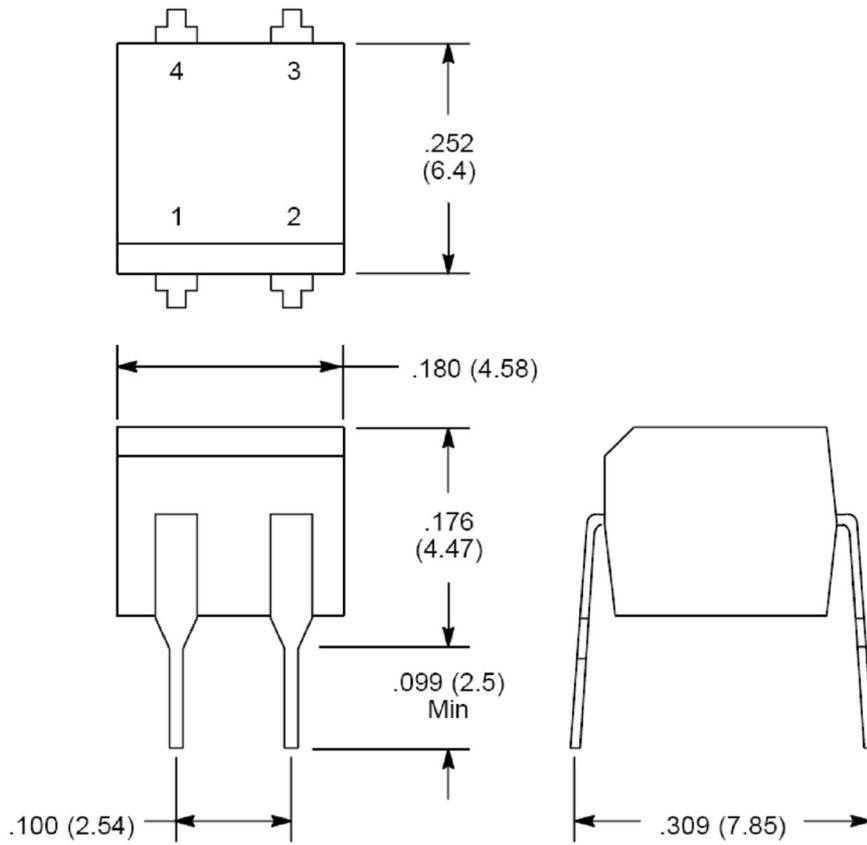
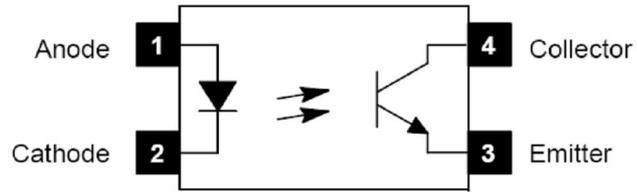
Recommended Operating Characteristics:

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Supply Voltage	V_{CC}		–	5	24	V
Forward Current	I_F		–	16	20	mA
Collector Current	I_C		–	1	10	mA
Operating Temperature	T_{opr}		–25	–	+85	°C

Electrical Characteristics: ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Individual, LED						
Forward Voltage	V_F	$I_F = 10\text{mA}$	1.00	1.15	1.30	V
Reverse Current	I_R	$V_R = 5\text{V}$	–	–	10	μA
Capacitance	C_T	$V = 0, f = 1\text{MHz}$	–	30	–	pF
Individual, Detector						
Collector–Emitter Breakdown Voltage	$V_{(BR)CEO}$	$I_C = 0.5\text{mA}$	55	–	–	V
Emitter–Collector Breakdown Voltage	$V_{(BR)ECO}$	$I_E = 0.1\text{mA}$	7	–	–	V
Collector Dark Current	I_{CEO}	$V_{CE} = 24\text{V}$	–	10	100	nA
		$V_{CE} = 24\text{V}, T_A = +85^\circ\text{C}$	–	2	50	μA
Capacitance (Collector–Emitter)	C_{CE}	$V = 0, f = 1\text{MHz}$	–	10	–	pF
Coupled						
Current Transfer Ratio	I_C/I_F	$I_F = 5\text{mA}, V_{CE} = 5\text{V}$	100	–	600	%
Current Transfer Ratio (Saturated)	$I_C/I_F(\text{sat})$	$I_F = 1\text{mA}, V_{CE} = 0.4\text{V}$	30	–	–	%
Collector–Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(\text{sat})}$	$I_C = 0.2\text{mA}, I_F = 1\text{mA}$	–	–	0.4	V
Isolation						
Capacitance (Input–Output)	C_S	$V_S = 0, f = 1\text{MHz}$	–	0.8	–	pF
Isolation Resistance	R_S	$V_S = 500\text{V}$	5×10^{10}	10^{14}	–	Ω
Isolation Voltage	BV_S	AC, 1 minute	5000	–	–	V_{rms}
		AC, 1 second	–	10000	–	V_{rms}
		DC, 1 minute	–	10000	–	V_{rms}
Switching						
Rise Time	t_r	$V_{CC} = 10\text{V}, I_C = 2\text{mA}, R_L = 100\Omega$	–	2	–	μs
Fall Time	t_f		–	3	–	μs
Turn–On Time	t_{on}		–	3	–	μs
Turn–Off Time	t_{off}		–	3	–	μs
Turn–On Time	t_{ON}	$V_{CC} = 5\text{V}, I_F = 16\text{mA}, R_L = 1.9\text{k}\Omega$	–	2	–	μs
Storage Time	t_s		–	15	–	μs
Turn–Off Time	t_{OFF}		–	25	–	μs

Pin Connection Diagram



ANEXO 4

DATASHEET TRANSISTOR 2N3904



ELECTRONICS, INC.
 44 FARRAND STREET
 BLOOMFIELD, NJ 07003
 (973) 748-5089
<http://www.nteinc.com>

NTE123AP
Silicon NPN Transistor
Audio Amplifier, Switch
(Compl to NTE159)

Absolute Maximum Ratings:

Collector–Emitter Voltage, V_{CEO}	40V
Collector–Base Voltage, V_{CB}	60V
Emitter–Base Voltage, V_{EB}	6V
Continuous Collector Current, I_C	600mA
Total Device Dissipation ($T_A = +25^\circ\text{C}$), P_D	625mW
Derate Above 25°C	5.0mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation ($T_C = +25^\circ\text{C}$), P_D	1.5W
Derate Above 25°C	12mW/ $^\circ\text{C}$
Operating Junction Temperature Range, T_J	-55° to $+150^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range, T_{stg}	-55° to $+150^\circ\text{C}$
Thermal Resistance, Junction to Case, R_{thJC}	83.3 $^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient, R_{thJA}	200 $^\circ\text{C/W}$

Electrical Characteristics: ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

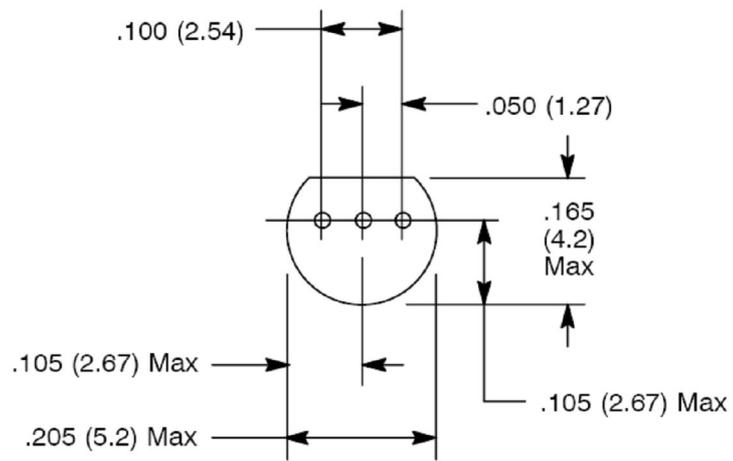
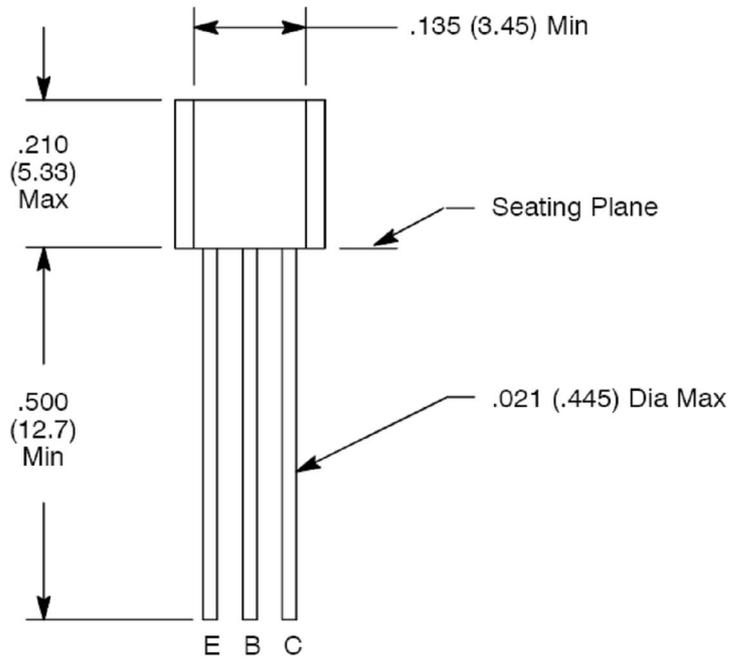
Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
OFF Characteristics						
Collector–Emitter Breakdown Voltage	$V_{(BR)CEO}$	$I_C = 1\text{mA}$, $I_B = 0$, Note 1	40	–	–	V
Collector–Base Breakdown Voltage	$V_{(BR)CBO}$	$I_C = 0.1\text{mA}$, $I_E = 0$	60	–	–	V
Emitter–Base Breakdown Voltage	$V_{(BR)EBO}$	$I_E = 0.1\text{mA}$, $I_C = 0$	6	–	–	V
Collector Cutoff Current	I_{CEV}	$V_{CE} = 35\text{V}$, $V_{EB(off)} = 0.4\text{V}$	–	–	0.1	μA
Base Cutoff Current	I_{BEV}	$V_{CE} = 35\text{V}$, $V_{EB(off)} = 0.4\text{V}$	–	–	0.1	μA
ON Characteristics (Note 1)						
DC Current Gain	h_{FE}	$V_{CE} = 1\text{V}$, $I_C = 0.1\text{mA}$	20	–	–	
		$V_{CE} = 1\text{V}$, $I_C = 1\text{mA}$	40	–	–	
		$V_{CE} = 1\text{V}$, $I_C = 10\text{mA}$	80	–	–	
		$V_{CE} = 1\text{V}$, $I_C = 150\text{mA}$	100	–	300	
		$V_{CE} = 1\text{V}$, $I_C = 500\text{mA}$	40	–	–	

Note 1. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2\%$.

Electrical Characteristics (Cont'd): ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
ON Characteristics (Note 1) (Cont'd)						
Collector–Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C = 150\text{mA}, I_B = 15\text{mA}$	–	–	0.4	V
		$I_C = 500\text{mA}, I_B = 50\text{mA}$	–	–	0.75	V
Base–Emitter Saturation Voltage	$V_{BE(sat)}$	$I_C = 150\text{mA}, I_B = 15\text{mA}$	0.75	–	0.95	V
		$I_C = 500\text{mA}, I_B = 50\text{mA}$	–	–	1.2	V
Small–Signal Characteristics						
Current Gain–Bandwidth Product	f_T	$I_C = 20\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}, f = 100\text{MHz}$	250	–	–	MHz
Collector–Base Capacitance	C_{cb}	$V_{CB} = 5\text{V}, I_E = 0, f = 100\text{kHz}$	–	–	6.5	pF
Emitter–Base Capacitance	C_{eb}	$V_{CB} = 0.5\text{V}, I_C = 0, f = 100\text{kHz}$	–	–	30	pF
Input Impedance	h_{ie}	$I_C = 1\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}, f = 1\text{kHz}$	1.0	–	15	$k\Omega$
Voltage Feedback Ratio	h_{re}	$I_C = 1\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}, f = 1\text{kHz}$	0.1	–	8.0	$\times 10^{-6}$
Small–Signal Current Gain	h_{fe}	$I_C = 1\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}, f = 1\text{kHz}$	40	–	500	
Output Admittance	h_{oe}	$I_C = 1\text{mA}, V_{CE} = 10\text{V}, f = 1\text{kHz}$	1.0	–	30	μmhos
Switching Characteristics						
Delay Time	t_d	$V_{CC} = 30\text{V}, V_{EB(off)} = 2\text{V},$ $I_C = 150\text{mA}, I_{B1} = 15\text{mA}$	–	–	15	ns
Rise Time	t_r		–	–	20	ns
Storage Time	t_s	$V_{CC} = 30\text{V}, I_C = 150\text{mA},$ $I_{B1} = I_{B2} = 15\text{mA}$	–	–	225	ns
Fall Time	t_f		–	–	30	ns

Note 1. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2\%$.

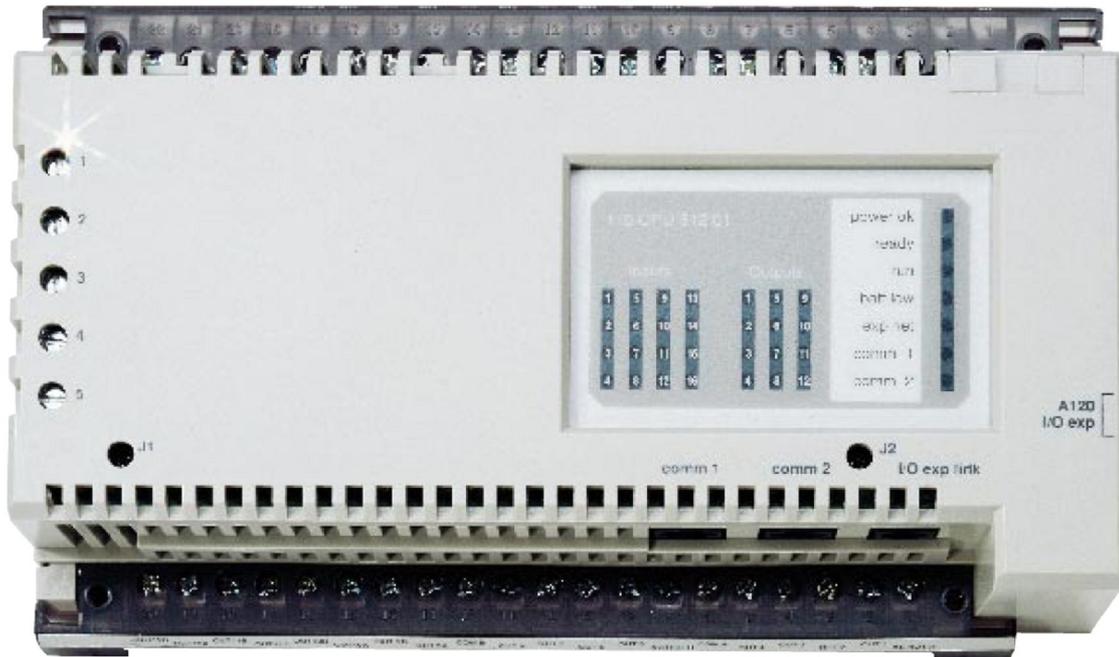


ANEXO 5

DATASHEET PLC MODICOM 61200



Advanced High Performance Fixed I/O PLC System



110CPU Series

\$450

Basic Unit

- ✓ Large PLC Performance in a Micro Package
- ✓ High Speed Throughput
- ✓ Compatible Communications
- ✓ System Expansion Capabilities

With the simplicity of a self-contained system package and high performance fast throughput, the OMEGA® 110CPU Programmable Logic Controller (PLC) offers the intelligent solution for your small machine control needs. In fact, the 110CPU brings together the best features of fixed I/O micro and large modular PLCs.

All-in-One Package

Power supply, CPU, memory, I/O

and communications are contained in a single housing, measuring 10" long by 5" high, by an amazing 3" deep, that can be DIN rail or panel mounted. This enables you to door-mount pilot devices directly in front of the Micro in a standard 6" deep panel, reducing the space requirement and cost.

High Speed Throughput

High speed inputs, interrupt processing, and immediate updating of outputs can realize a throughput of less than 2 msec. One of these inputs can be configured as a 5 kHz high speed counter. Interrupts can be event-, time-, or count-based, giving you the power to solve high speed machinery applications never before possible.

Plug-and-Play Communications

On-board serial communication ports permit simple connectivity to computers, MMI, modems, printers, barcode readers and instrumentation. These ports can be addressed via either ASCII messaging or Modbus,

one of the most commonly used communication protocols available.

System Expansion

You can expand your system capacity by simply linking up to four 110CPU's configured as "children" to one "parent" over a single cable high speed I/O expansion link. In the parent-child configuration, you can choose to have all of the child's I/O and communications controlled by the parent or split the outputs and communication ports to allow coprocessing to tailor system performance. This flexibility will serve you well when the job grows bigger than originally expected.

Built-in Nonvolatile Memory

With the OMEGA® 110CPU, you won't have to worry about handling UV-EPROM and EEPROM chips or cartridges for nonvolatile storage of program memory. Programs stored in battery- or capacitor-backed RAM can now be backed up by safe and secure, built-in Flash- PROM, the latest in low maintenance, nonvolatile, memory storage technology.



Micro-controller shown with handheld programmer, model 520VPU19200, \$395.

U.S. AND CANADA

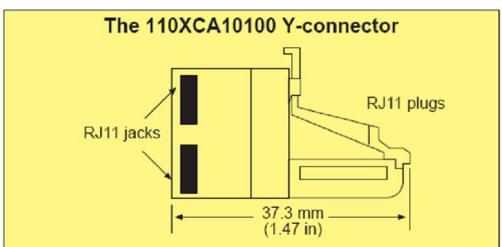
For sales and service, call:
1-800-82-66342SM
1-800-TC-OMEGA

For technical assistance, call:
1-800-327-4333SM
1-800-DAS-1EEE



Micro I/O Expansion Link

Up to five Micro controllers can be interconnected by the high speed I/O Expansion Link. The link contains one Micro configured as a "parent" PLC and one to four Micro units configured as "child" PLCs. The parent and last child on the link are terminated by an internal resistor, while the middle children are daisy-chained using a Y-connector. The link uses highly secure and noise resistant, standard foil-shielded, flat telephone cables with male RJ11 connectors on each end.

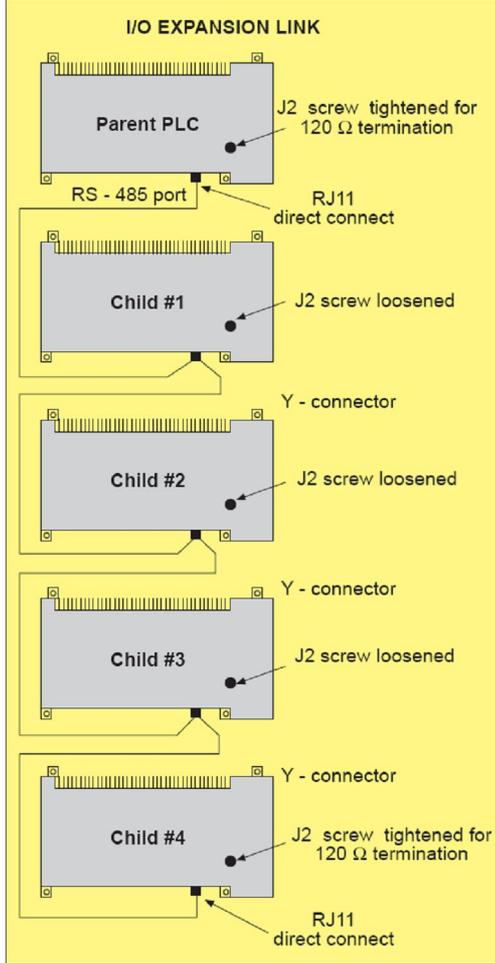


I/O Expansion Cables and Adapters

Model Number	Price	Description
110XCA10100	\$25	Y connector for for I/O expansion
110XCA17101	25	I/O expansion cable, 61 m
110XCA17102	35	I/O expansion cable, 3 m
110XCA17103	50	I/O expansion cable, 6 m

I/O Expansion Link Characteristics

Number of PLCs	2 ... 5
Physical comm port	RS-485
Cable type	Six-position line long body
Connector type on cable	RJ11 male on both ends
Network data rate	125 kbyte (+)
Length of network	500 m max, 61 cm mini





HANDHELD PROGRAMMER (HHP)

Specifically designed as a low cost programming tool for the OMEGA® 110CPU, this handheld device receives its power directly from the PLC. The HHP can configure, program, and monitor your application, including all ladder elements, data registers, implementing the high speed I/O Expansion link and entering and troubleshooting any ASCII messaging.

Configuration Mode allows the user to select from default configurations for communication port parameters and I/O addressing. Or the user can customize the configuration by editing communication port parameters and I/O addressing options.

Password Mode secures access to the HHP. From this mode the Keyswitch and Passwords can be enabled and disabled. The Keyswitch, when enabled, requires a physical key for changing the HHP from program and monitor access to monitor only. When enabled, the Password will create three levels of access that allows monitoring only, monitoring with the ability to change data and force I/O, and total access to the functionality of the HHP.

Ladder Logic Mode provides single element ladder logic programming with a 4 x 11 node view of a ladder network mimic (full network size is 7H x 11W). This view indicates power flow and whether the node is occupied by a ladder element, vertical or horizontal short, or coil. This is accomplished by splitting the 4 x 20 segment LCD screen, providing the ladder logic mimic on the left while leaving a 4 x 9 segment work area which fully

Advanced High Performance Fixed I/O PLC System

displays the network number, the node number, and up to a three node high ladder element (i.e., math function block) at the same time.

There is a Data Mode for entering any register information. This mode can be reached from the initial menu or the user can toggle to the mode by pressing the DATA key from the ladder logic programming mode. This is particularly handy when programming timers, counters, math functions, etc., where it is most convenient to enter the parameters at the time of programming the function. If this is done, the HHP will remember the register number the cursor was on. By pressing the GET key, the user signals the HHP to display that register and its contents. At this point any new register information can be entered. When satisfied, the user can return to the ladder logic mode by again pressing the DATA key. Up to four registers at a time can be displayed in a number of different representations.

When using the HHP to program ASCII character strings in the Micro, the HHP can be switched to Simple ASCII Slave Mode which allows the user to see any ASCII string programmed as an ASCII message display. This unique capability makes programming and troubleshooting ASCII messaging easy.

In the Computer Transfer Mode, the HHP will be able to act as a program storage device for transfer of programs between a DOS compatible computer with Modsoft Lite programming software and a controller. Programs developed on Modsoft Lite can be downloaded into the HHP. The HHP can be carried out to a controller on the factory floor or at a remote site and the program then can be downloaded to the controller. This also works in the opposite direction. After entering a new program or editing an existing one, the HHP can upload the program into its internal memory for transportation back to the DOS work station where it can be uploaded to Modsoft for documentation and archiving.

MODSOFT LITE On-Line/Off-Line Software

Modsoft Lite is an integrated programming software environment that includes on-line/off-line programming and full annotated

documentation. This friendly interface will assist in programming the OMEGA® 110CPU controller, as well as complete tracking with a context-sensitive on-line help system, color graphics, optional mouse support, and an easy-to-use menu system. Highlights of Modsoft Lite include:

Hot Keys. Mouse or function key menu-driven, Modsoft Lite provides hot keys to reduce keystrokes.

Easy-to-Use Advanced Editing. The program's cut, copy, paste, and delete functions enable you to edit within a single program or between multiple programs. Users can create libraries for common ladder sequences.

Sophisticated Ladder Logic Editor. Modsoft Lite features a simple Ladder Logic editor that allows the user to create and edit Ladder Logic programs using traditional Ladder Logic symbols with reference numbers or user-defined symbol names.

Reference Data Editor. A Reference Data editor is available for displaying and modifying data either on-line in the controller or off-line in a file. Transfer of data from the PLC to a file and back is made easy with this useful feature.

Quick and Easy Configuration. Modsoft Lite features a quick and easy method for configuring a Micro controller. The configuration allows for selecting CPU model, setting communication port parameters, configuring a Micro I/O expansion link, and selecting loadable function blocks.

Multiple Programming Modes. The user has a choice of three programming modes; one off-line and two on-line modes, with or without performing concurrent editing of off-line files. Designed to run in a DOS environment, Modsoft Lite is compatible with IBM-compatible desktop and laptop computers.

Basic Instructions

Language: Ladder Logic/Function Block
Instructions: Relays-NO, NC, Transitional
 Timers-1.0, 0.1, 0.01 second;
 Counters-Up, Down

Arithmetic: 4-digit Add, Sub, Mult, Div;
 4-digit BCD Values

Data Transfer: Register-to-Table;
 Table-to-Register, Table-Table; Block Move;
 First-In, First-Out Search, Status

Matrix: Logical AND, OR, Exclusive OR
 Compare and Complement

Bit Operations: Modify, Sense, Rotate

Program Optimization: Skip; Constant Sweep/Single Sweep; Subroutine, Counter, Timer, Interrupt
Communication: Simple ASCII

ENHANCED INSTRUCTIONS (512 AND 612 SERIES)

Arithmetic: Double Precision Math, Add, Sub, Mult, Div, Floating Point Math, Add, Sub, Mult, Div, Compare, Sq Root; Trigonometric, Sin, Cos, Tan, Deg-to-Rad, Rad-to-Deg; PID2

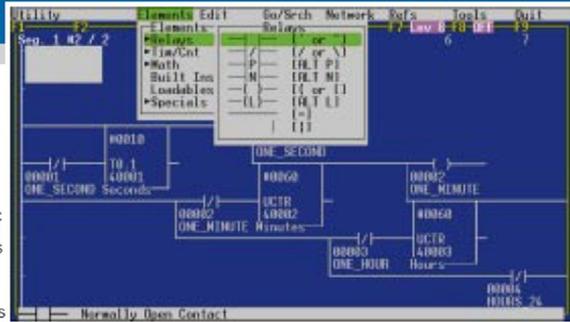
Data Transfer: Table-to-Block; Block-to-Table Communication; Checksum

ANALOG INPUTS (612 SERIES)

Channels: 4
Input Ranges: ±10 V, 0 to 10 V, 4 to 20 mA
Input Filter: Single-pole, low pass, -3 dB frequency of 10 Hz (±20%)
Input Resistance: 250 Ω (current input); >20 MΩ (voltage input)
Input Protection: 50 Vdc max differential; 30 Vdc max channel-to-channel; 25 mA max over-current
Common Mode Voltage: 25 Vdc channel-to-channel
Isolation: 1000 Vac RMS, 1 min max; analog inputs are isolated from analog outputs, input power, discrete I/O and communications ports
Resolution: 16-bit for ±10 V range; 15-bit for 0 to 10 V range; 13 to 14-bit for 4 to 20 mA range
Update: 55 msec/channel
Repeatability: ±3 counts
Accuracy: ±0.025% typ; ±0.1% max for voltage ranges; add ±0.1% ±25 ppm/°C for current

ANALOG OUTPUTS (612 SERIES)

Channels: 2
Isolation: 1000 Vac RMS (60 Hz), 1 min max; analog outputs are isolated from analog inputs, input power, discrete I/O and communications ports; 1000 Vdc, 1 min max
Current Output: 4 to 20 mA; 12 to 30 V loop supply voltage; (Vloop-7 V)/0.02 max loop resistance
Voltage Output: 0 to 10 V; 10 mA max;
Resolution: 12-bit
Linearity: ±0.05% max
Update: 10 msec/channel
Accuracy @ 25°C: 0.2% typ, 0.35% max for voltage output; add ±0.15% for current output
Memory
Battery Backup: Lithium battery for 1 year
Capacitor Backup: 72 hours typical
Non-Volatile (loads on power-up): Internal Flash RAM
Time-of-Day Clock: ±8.0 sec/day 0-60°C (not on 110CPU31100)
Environmental
Operating Ambient: 0-60°C; 0-95% RH
Temperature Storage: -40 to +85°C
Dimensions: 141.5 mm H x 254 mm W x 76 mm D (5.57" x 10" W x 3" D)



Power Requirements

AC Power: 115 Vac @ 0.4 A or 230 Vac @ 0.2 A Input: 24 Vdc @ 150 mA for dc Input
DC Power: 24 Vdc @ .8 A

Communications Modbus

Speed: 9,600 Bits per second
Mode: Master-Slave: RTU or ASCII
Nodes: 247 (Media dependent)
Media: Twisted pair or telephone

Modsoft Lite

Development Software
Includes: Two 5.25" system disks; one 3.5" system disk; Modsoft Lite User Manual
Editors: Configuration, Ladder Logic, Reference Data
Ladder Lister Features:
 Selected Ladder; Diagram Symbol Table- Alphanumeric; Symbol Table - Alphanumeric; Coil Cross Reference
 Unused References; Configuration/I/O Map Page Headers/Footers, Importable to Desktop Publisher
Required Hardware: IBM PC/XT, AT or compatible; DOS 3.0 or greater; 640 K RAM memory, hard disk with 1.5 Mbyte available

DISCRETE INPUTS

TYPE	115 Vac	230 Vac	24 Vdc	High Speed dc
On Level	79 to 132 Vac	164 to 253 Vac	15 to 30 Vdc	15 to 30 Vdc
Off Level	0 to 20 Vac	0 to 40 Vac	0 to 5 Vdc	0 to 5 Vdc
Input Impedance	12 kΩ @ 60 Hz	33 kΩ @ 50 Hz	3 kΩ with input on @ 24 Vdc 7.8 kΩ with input off	1.95 kΩ with input on @ 24 Vdc 1.58 kΩ with input off
ISOLATION				
Method	Opto-Coupler	Opto-Coupler	Opto-Coupler	Opto-Coupler
Channel-to-bus	1780 Vac; 2 kVdc	1780 Vac; 2.5 kVdc	1780 Vac; 2 kVdc	500 Vdc
Group-to-group	1780 Vac; 2 kVdc	1780 Vac; 2.5 kVdc	1780 Vac; 2 kVdc	500 Vdc
RESPONSE TIME				
Off-> On	25 to 30 ms	25 to 30 ms	2 ms	10 to 20 μs
On->Off	25 to 30 ms	25 to 30 ms	2 ms	10 to 20 μs

DISCRETE OUTPUTS

TYPE	Triac	Relay	24 Vdc
Working Voltage Range	24 to 132 Vac for -01 models; 24 to 250 Vac for -02 models	24 to 30 Vdc, 24 to 250 Vac	24 to 30 Vdc
Maximum Voltage	500 Vac	30 Vdc 250 Vac	56 Vdc for 1.5 ms
Frequency	47 to 63 Hz	N/A	N/A
Maximum Load Current	0.5 A/channel to 60°C	2 A/channel	0.5 A/channel to 60°C; 2 A/group 6 A total
Minimum Load Current	50 mA	20 mA	10 mA
Surge Current	5A for 1 Cycle	20 A for 1 cycle	5 A for 0.5ms @ 6pulses/min
Maximum Switching Rate	20 Hz	5 Hz	4 Hz
Maximum Off State Leakage	1.5 mA	N/A	1 mA @ 30 Vdc
ISOLATION			
Method	Opto-coupler	Dry contact	Opto-coupler
Channel-to-bus	1780 Vac; 2500 Vdc	1780 Vac; 2500 Vdc	1780 Vac; 2500 Vdc
Group-to-group	1780 Vac; 2500 Vdc	1780 Vac; 2500 Vdc	500 Vac
RESPONSE TIME			
On -> Off	8 ms	10 ms	1 ms
Off ->On	8 ms	10 ms	1 ms

Advanced High Performance Fixed I/O PLC System



Model Number	Price	Power	Discrete Inputs (16)	Discrete Outputs (12)
CPU311 Series - Basic CPU				
110CPU31100	\$450	115/230 Vac (24 Vdc output for all dc inputs)	24 Vdc Sink or Source	Relay Inputs
110CPU31101	553	115/230 Vac	115 Vac	8 Triac/4 Relay
110CPU31102	553	115/230 Vac	230 Vac	8 Triac/4 Relay
110CPU31103	450	24 Vdc	24 Vdc Sink or Source	24 Vdc Source
CPU411 Series (CPU311 Series with Clock, 2-3 ms Throughput, 2 High Speed dc Inputs)				
110CPU41100	518	115/230 Vac (24 Vdc output for all dc inputs)	24 Vdc Sink or Source	Relay Inputs
110CPU41101	635	115/230 Vac (24 Vdc output for high speed dc inputs)	115 Vac	8 Triac/4 Relay
110CPU41102	625	115/230 Vac (24 Vdc output for high speed dc inputs)	230 Vac	8 Triac/4 Relay
110CPU41103	518	24 Vdc	24 Vdc Sink or Source	24 Vdc Source
CPU512 Series (CPU411 Series with Additional Memory, Ports, 1-1.5 ms Throughput)				
110CPU51200	827	24 Vdc	24 Vdc Sink or Source	Relay
110CPU51201	915	115/230 Vac (24 Vdc output for all dc inputs)	115 Vac	8 Triac/4 Relay
110CPU51202	915	115/230 Vac (24 Vdc output for all dc inputs)	230 Vac	8 Triac/4 Relay
110CPU51203	827	24 Vdc	24 Vdc Sink or Source	24 Vdc Source
CPU612 Series (CPU512 Series with 4 Analog Inputs, 2 Analog Outputs)				
110CPU61200	\$1105	24 Vdc	24 Vdc Sink or Source	Relay
110CPU61203	1105	24 Vdc	24 Vdc	24 Vdc

CPU Features

CPU311 Series

- ✓ 1K Words User Logic
- ✓ 400 Words Data
- ✓ 16 Discrete Inputs
- ✓ 12 Discrete Outputs
- ✓ 4, 25 to 5 ms per Logic Scan
- ✓ Modbus/ASCII Port
- ✓ High Speed I/O Expansion Port
- ✓ Basic Instruction Set

CPU411 Series

All Features of CPU311 Plus:

- ✓ Time-of-Day Clock
- ✓ 2 to 3 ms Throughput with Interrupt Processing (Depending on Interrupt Program)
- ✓ 2 High Speed dc Inputs

CPU512 Series

- ✓ 2K Words User Logic
- ✓ 1820 Words Data
- ✓ 16 Discrete Inputs
- ✓ 12 Discrete Outputs
- ✓ 2.5 ms per K Logic Scan
- ✓ 2 Modbus/ASCII Ports
- ✓ High Speed I/O Expansion Port
- ✓ 3 High Speed dc Inputs (2 on ac Versions)
- ✓ 1 to 1.5 ms Throughput with Interrupt Processing (Depending on Size of Interrupt Program)

CPU612 Series

All Features of CPU512 Plus:

- ✓ Enhanced Instruction Set (Including PID II and Floating Point Math)
- ✓ 4 Analog Inputs ± 10 V 16 Bit; 4-20 mA 14 Bit
- ✓ 2 Analog Outputs 0-10 V, 4-20mA; 12 Bit
- ✓ Time-of-Day Clock

Programming Tools

Model Number	Price	Description
371SPU92100	\$500	Modsoft Lite programming software
520VPU19200	436	Handheld programmer
520VIA19200	105	Handheld program transfer kit (connects handheld programmer to computer for interfacing to Modsoft Lite software), requires communications cable

RS-232 Communication Cables and Adaptors

Model Number	Price	Description
110XCA20300	\$25	RJ45 9-Pin shell adaptor for AT serial port (requires communications cable)
110XCA20400	25	RJ45 25-Pin D Shell adaptor for XT serial port (requires communications cable)
110XCA28201	25	Communications cable, 1 m, RJ45 connector (requires shell adaptor)
110XCA28202	35	Communications cable, 3 m, RJ45 connector (requires shell adaptor)
110XCA28203	50	Communications cable, 6 m, RJ45 connector (requires shell adaptor)

110CPU Series



520VPU19200 handheld programmer sold separately, \$395

Sample screen of Modsoft Lite on-line/off-line development software



I/O Expansion Cables and Adaptors

Model Number	Price	Description
110XCA10100	\$25	Y connector for I/O expansion
110XCA17101	25	I/O expansion cable, 1 m
110XCA17102	35	I/O expansion cable, 3 m
110XCA17103	50	I/O expansion cable, 6 m

Batteries for Data Backup

Model Number	Price	Description
110XCP98000	\$30	Lithium battery assembly
110XCP99000	40	Capacitor assembly

***Note on batteries:** The PLC's standard program is backed up by flash prom. For optional data backup, the lithium battery or capacitor assembly may be used. The lithium battery provides long-term backup but requires periodic replacement. The capacitor provides short term backup (typically 72 hours), but does not require replacement.

Ordering Examples:

Single Micro System with Mosoph Lite Software

Model Number	Description	Qty.	Unit Price	Extended Price
110CPU41100	Programmable logic controller	1	\$518	\$518
371SPU92100	Modsoft Lite Programming Software	1	500	500
110XCA20400	RJ45 25-Pin D shell adaptor for XT serial port	1	25	25
110XCA28202	Communications cable, 3 m, RJ45 connector	1	35	35
			Total	\$1078

Multiple Micros with Modsoft Lite Software

110CPU61200	Programmable logic controller	1	\$1105	\$1105
110CPU51200	Programmable logic controller	1	827	827
110CPU31100	Programmable logic controller	1	450	450
110CPU31101	Programmable logic controller	1	553	553
110XCA10100	Y Connector for I/O expansion	2	25	50
110XCA17103	I/O expansion cable, 6 m	3	50	150
371SPU92100	Modsoft Lite programming software	1	500	500
110XCA20400	RJ45 25-pin D shell adaptor for XT serial port	1	25	25
110XCA28202	Communications cable, 3 m, RJ45 connector	1	35	35
			Total	\$3695

Single Micro with Handheld Programmer and Modsoft Lite Software

110CPU51201	Programmable logic controller	1	\$915	\$915
520VPU19200	Handheld programmer	1	436	436
520VIA19200	Handheld program transfer kit	1	105	105
371SPU92100	Modsoft Lite programming software	1	500	500
110XCA20400	RJ45 25-Pin D shell adaptor for XT serial port	1	25	25
110XCA28202	Communications cable, 3 m, RJ45 connector	1	35	35
			Total	\$2016

ANEXO 6

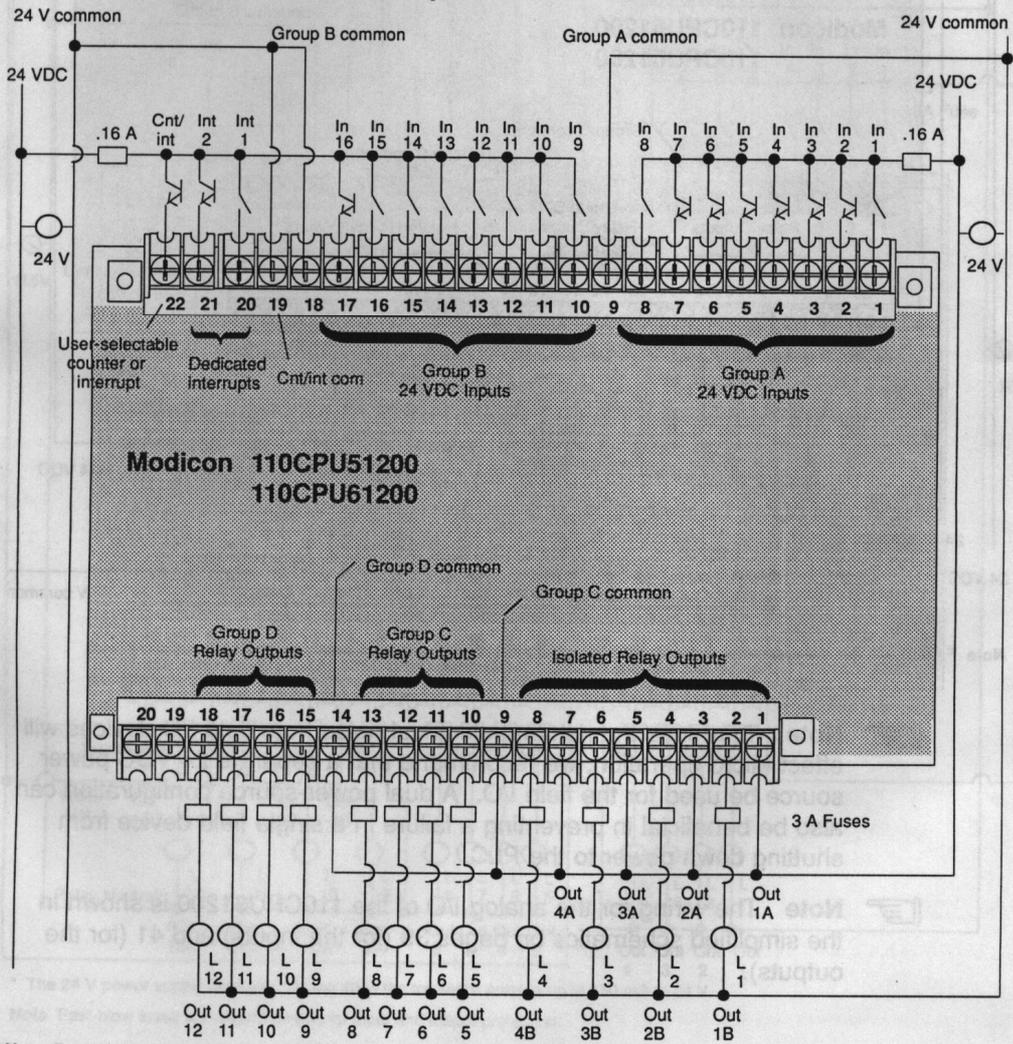
CONEXIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS PARA EL PLC MODICOM 61200

Fixed I/O Specifications

110CPU51200/61200 Field Wiring (under 24 VDC power)

Fixed Discrete I/O Topology		
I/O Type	Number of I/O Points	Number of Groups
24 VDC inputs	16	2 groups of 8
24 VDC user-selectable counter/interrupt	1	1 group of 3
24 VDC dedicated high-speed interrupts	2	
Relay outputs	12	2 groups of 4 and 4 individually isolated

with Source-configured 24 VDC Inputs



Note Fast-blow fuses are recommended for input and output protection.

ANEXO 7

DATASHEET SENSOR INDUCTIVO IF-2004-FRKG

efector100

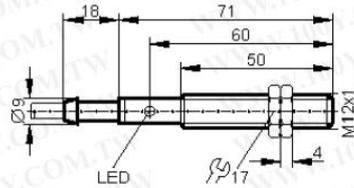
Inductive proximity switches

IF5597

IF-2004-FRKG
Plastic thread M12x1
Cable

Sensing range 4mm [nf]
non-flush mountable

勝特力材料 886-3-5753170
勝特力电子(上海) 86-21-54151736
勝特力电子(深圳) 86-755-83298787
[Http://www.100y.com.tw](http://www.100y.com.tw)



Electrical design	DC
Output	normally open / closed programmable
Operating voltage [V]	10...55 DC
Current rating [mA]	400
Minimum load current [mA]	4
Short-circuit protection	•
Reverse polarity protection / Overload protection	• / •
Voltage drop [V]	< 4,6
Leakage current [mA]	< 0,5
Real sensing range [mm]	4 ± 10%
Operating distance [mm]	0...3,25
Switch-point drift [% / Sr]	-10...+10
Hysteresis [% / Sr]	1...15
Switching frequency [Hz]	1500
Correction factors	mild steel = 1 / stainless steel approx. 0.7 / brass approx. 0.4 / Al approx. 0.3 / Cu approx. 0.2
Operating temperature [°C]	-25...+80
Protection	IP 67 ☐
EMC	EN 60947-5-2
Housing material	PBTP
Function display	
Switching status LED	yellow
Connection	PUR/PVC cable / 2m; 2 x 0,34mm ²
Wiring	
Core colours BK black WH white	
Accessories (included)	2 lock nuts

ANEXO 8

DATASHEET SISTEMA ROBÓTICO CRS – A255

- Articulated robot
- 5 degrees of freedom
- 2 Kg payload
- 2.0 second cycle time
- 0.05 mm repeatability
- 560 mm reach
- C500 controller

CRS Plus takes the risk out of high performance robotic systems. Our robots offer affordable automation to industry with low initial cost, short start-up time, and fast payback... often as short as six months.

The A255 delivers high performance and reliability that is unmatched by other small articulated robots in its price range. The A255 offers the highest speed and best repeatability in a small articulated robot. It will automate undesirable tasks, improve quality through high repeatability and increase production rates.

As with all CRS Plus Robots, the A255 is programmed using the RAPL-II programming language. This simple, English-like language is easy to learn, easy to use and will handle the most complex of tasks. Programming features include continuous path, joint interpolation, point-to-point relative motions, straight line plus the ONLINE path planner in joint or straight line mode for unmatched throughput.

With 5 degrees of freedom, the A255 Robot performs much like a human arm. In fact, many tasks done by humans can be handled by the A255 Robot. Over 700 CRS Robots are working in industry performing such tasks as product testing, laboratory automation, spray painting, machine loading and education/research.



The A255 Robot is designed to work with a wide variety of peripherals including rotary tables, bowl feeders, conveyor belts, host computers, vision systems and other advanced sensors.

To assure you of reliable performance, we insist on only the highest standards of quality at every step of our production process. 100% of all components are inspected prior to installation and every robot system must successfully perform a 74 hour thermal cycling burn-in before shipping.

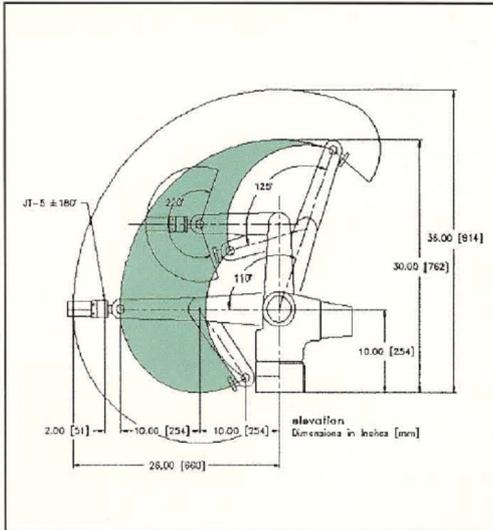
Options:

Grippers, ROBCOMM-II host computer software, protective covers for harsh environments, opto-isolated digital I/O buffering, PLC interface for expanded inputs and outputs, homing bracket,

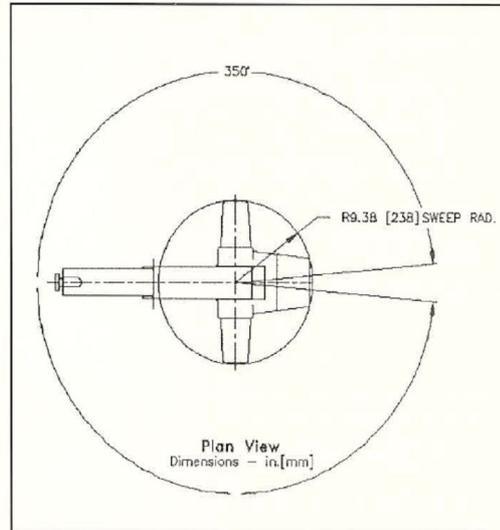
spares kit, operator panel, service manual and software for dispensing and spraying applications.

CRSPLUS
Affordable Automation

A255



A255 Elevation



A255 Plan View

Performance Specifications:

- Payload:**
- 1 Kg nominal
 - 2 Kg maximum
- Reach:**
- 560 mm without gripper
 - 660 mm with gripper
- Speed:**
- standard pick and place cycle in 2.0 seconds
 - 2.90 m/s in compounded joint interpolated motions
 - 0.46 m/s in linear and path motions
- Repeatability:**
- +/- 0.05 mm
- Mechanical Arm:**
- Configuration:**
- Articulated
 - Five degrees of freedom
 - Vertical or inverted mounting
- Drive:**
- DC servo motors with optical encoders
- Transmission:**
- Harmonic drives with pre-loaded drive chains
- Gripper:**
- 4-way pneumatic solenoid
 - Servo gripper connector
- Safety:**
- Workspace reduction using adjustable hard stops

Controller/Software:

- Controller:**
- C500 robot controller
 - 80286/80287 based
 - RISC based (transputer)
 - PID control algorithm
 - Support for 3 additional axes
- Language:**
- RAPL-II programming language and multi-tasking operating system
- Program:**
- Trace mode for program debugging
- Development:**
- Path, location and program editor
 - ROBCOMM-II (optional)
- Teaching:**
- LIMP mode (lead-by-the-hand)
 - Off-line
 - Teach Pendant
- Path Types:**
- Point-to-Point
 - Straight Line
 - Continuous Path
 - Relative motion paths
 - Blended motion
 - Circular interpolation
- Communication:**
- Dual RS232, 38.4k baud is standard
- Input/output:**
- 16 opto-isolated inputs
 - 4 contact relay outputs
 - 12 opto-isolated outputs (300ma at 24 volts)

- User Memory:**
- 256 Kbytes of battery backed RAM memory
 - 512 Kbytes FLASH memory for non-volatile backup (optional)
- Temperature:**
- +10 to +40°C
- Power:**
- 100/115/230 VAC, 60/50 Hz (selectable), 350 VA
- Safety:**
- Meets UL1740/ANSI/RIA 15.06 robot safety standards
- Teach Pendant:**
- Configuration:**
- Hand held with 3m cable
- Display:**
- 4 line x 20 character LCD
- Safety:**
- Meets ANSI/RIA 15.02 teach pendant standards
- Physical Characteristics:**
- Arm:**
- 17 Kg
- Controller:**
- 31 Kg
 - 267mm x 483mm x 400mm
 - 19 inch rack mountable
- Shipping:**
- 59 Kg

Represented By:

CRSPLUS *Affordable Automation*

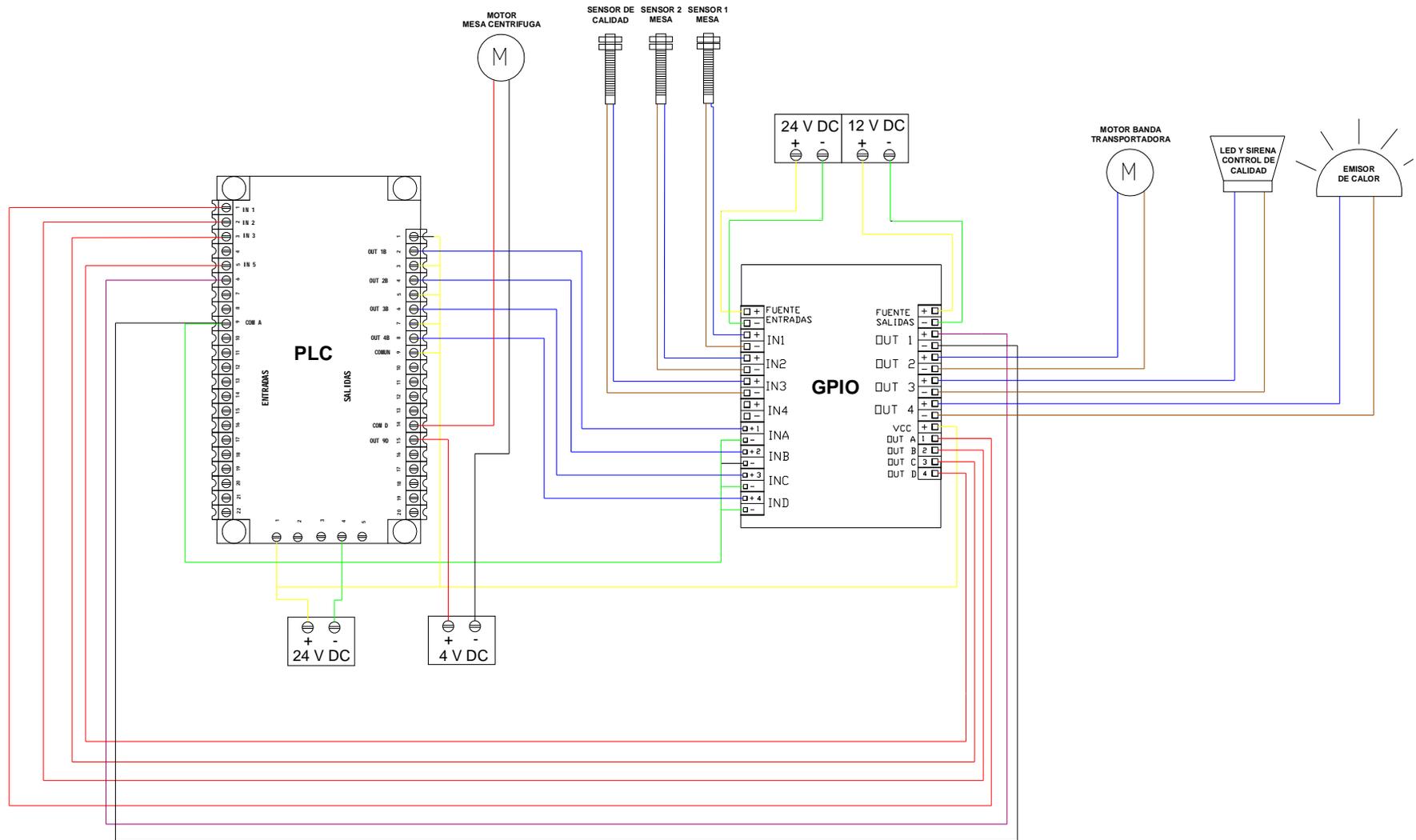
CRS Plus Inc., 830 Harrington Court, Burlington, Ontario, Canada L7N 3N4

Phone: 905/639-0086 Fax: 905/639-4248

USA Phone number: 1-800-365-7587

ANEXO 9

DIAGRAMA DE CONEXIONES DE LA CELDA DE MANUFACTURA



Sangolquí, 15 de junio del 2009

Elaborado por:

Natali Almeida Arteaga

José Luíz Naranjo Moreno

Recibido por:

El Director de Carrera

Ing. Víctor Proaño R.